

PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number : 07-093541

(43)Date of publication of application : 07.04.1995

-----  
-----  
(51)Int.Cl. G06T 7/00

-----  
-----  
(21)Application number : 06-006842 (71)Applicant : MATSUSHITA ELECTRIC  
WORKS LTD

(22)Date of filing : 26.01.1994 (72)Inventor : MITAKA RYOSUKE  
FUJIWARA YOSHIMASA  
IKEBUCHI HIROYUKI

-----  
-----  
(30)Priority

Priority number : 05124508

Priority date : 26.05.1993

Priority country : JP

-----  
-----  
(54) SHAPE RECOGNIZING METHOD

(57)Abstract:

PURPOSE: To perform collation without changing a shape model by evaluating the degree of matching of an object shape to the shape model based on relation with an allowable range and a difference with a standard value relating to the sequence of

points of the object shape.

CONSTITUTION: In the case of measuring the cross sectional shape of a corner joint for which a pair of plates are approximately vertically butted by an optical cut-off method, the shape model expressed by five nodes P0-P4 and four line elements S0-S3 is used. The length  $l_1$  of the line elements S0-S3 and the inclination  $\theta_0 - \theta_3$  of the respective line elements S0-S3 to a horizontal shaft are used as the feature amounts of the shape model and further, the allowable range and the standard value are set for the respective feature amounts. The pattern matching of the shape model and the object shape for which the cross section shape of an object is polygonally approximated is performed. Within the set allowable range, when it is judged that the degree of the coincidence is high, even when the feature amounts of the object shape slightly fluctuate, the fluctuation can be absorbed.

---

LEGAL STATUS [Date of request for examination] 12.05.1997

[Date of sending the examiner's decision of rejection]

[Kind of final disposal of application other than the examiner's decision of rejection or application converted registration]

[Date of final disposal for application]

[Patent number] 2942454

[Date of registration] 18.06.1999

[Number of appeal against examiner's decision of rejection]

[Date of requesting appeal against examiner's decision of rejection]

[Date of extinction of right]

#### \* NOTICES \*

JPO and NCIP are not responsible for any damages caused by the use of this translation.

1.This document has been translated by computer. So the translation may not reflect the original precisely.

2.\*\*\* shows the word which can not be translated.

3.In the drawings, any words are not translated.

---

#### CLAIMS

---

[Claim(s)]

[Claim 1] In the shape recognition approach of recognizing the object configuration expressed with the sequence of points on a two-dimensional flat surface by collating with a geometry configuration model, while expressing a configuration model as a group with the stroke tied in order, during the joint of a finite individual, and a joint The shape recognition approach characterized by setting up the tolerance which connotes a certified value and a certified value about the characteristic quantity of each stroke, and evaluating extent of the coincidence to the configuration model of an object configuration based on a difference with the certified value about the sequence of points of an object configuration, and relation with tolerance.

[Claim 2] The above-mentioned stroke is the shape recognition approach according to claim 1 characterized by making at least one side of the major axis of an ellipse, and a whenever [ flat ], and the inclination of the major-axis direction over the above-mentioned datum line into characteristic quantity when it is a segment or a partial ellipse, making at least one side of the die length of a segment, and the inclination of the segment over the fixed datum line into characteristic quantity when making a stroke into a segment, and making a stroke into a partial ellipse.

[Claim 3] When the above-mentioned stroke is a segment or a partial ellipse and both the strokes that adjoin across a joint are segments When both the strokes that make characteristic quantity at least one side with the include angle which the die length and the segments of each segment intersect, and adjoin across a joint are partial ellipses At least one of the include angles which the major axis of each ellipse and the major-axis direction of whenever [ of each ellipse / flat ], and both ellipses intersect is made into characteristic quantity. It is the shape recognition approach according to claim 1 characterized by making into characteristic quantity at least one side with the include angle to which the major-axis direction of an ellipse intersects whenever [ flat ], and the segment of the die length of a segment, the major axis of an ellipse, and an ellipse when one side of the line which adjoins across a joint is [ another side ] a partial ellipse in a segment.

[Claim 4] In the shape recognition approach of recognizing the object configuration expressed with the sequence of points in three-dimension space by collating with a geometry configuration model, while expressing a configuration model as a group with the stroke tied in order, during the joint of a finite individual, and a joint The shape recognition approach characterized by setting up the tolerance which connotes a certified value and a certified value about the characteristic quantity of each stroke, and evaluating extent of coincidence with a configuration model based on a difference with a certified value, and relation with tolerance about an object configuration.

[Claim 5] The above-mentioned stroke is the shape recognition approach according to claim 4 characterized by making at least one side with the inclination of the major-axis direction over the major axis of an ellipse, and whenever [ flat ], and the

above-mentioned datum level, and the direction of a minor axis into characteristic quantity when it is a segment or a partial ellipse, making at least one side of the die length of a segment, and the inclination of the segment over fixed datum level into characteristic quantity when making a stroke into a segment, and making a stroke into a partial ellipse.

[Claim 6] When the above-mentioned stroke is a partial ellipse which makes a joint one edge each of a segment or a major axis, and a minor axis and both the strokes that adjoin across a joint are segments When both the strokes that make characteristic quantity at least one side with the include angle which the die length and the segments of each segment intersect, and adjoin across a joint are partial ellipses At least one of the include angles which the major-axis directions of the major axis of each ellipse, and whenever [ of each ellipse / flat ], and both ellipses and the directions of a minor axis intersect is made into characteristic quantity. It is the shape recognition approach according to claim 4 characterized by making into characteristic quantity at least one side with the include angle to which the major-axis direction or the direction of a minor axis of an ellipse intersects whenever [ flat ], and the segment of the die length of a segment, the major axis of an ellipse, and an ellipse when one side of the line which adjoins across a joint is [ another side ] a partial ellipse in a segment.

[Claim 7] With a stroke during the joint chosen about all the combination that chooses the joint of a configuration model, and the joint of the same number from an object configuration An epilogue, The average of the distance of all the points on an object configuration and a configuration model is used as a potential deformation component. Total of an exceeded part to tolerance or an insufficiency is used as the description deformation component about the characteristic quantity of a stroke. The shape recognition approach according to claim 1 characterized by making the joint chosen so that it might ask for the total with weight with a potential deformation component and the description deformation component as deformation and deformation might become min into the joint which is in agreement with a configuration model.

[Claim 8] With a stroke during the joint chosen about all the combination that chooses the joint of a configuration model, and the joint of the same number from an object configuration An epilogue, The average of the distance of all the points on an object configuration and a configuration model is used as a potential deformation component. Total with the value which multiplied the difference of the value which multiplied an exceeded part or the insufficiency to tolerance by the 1st proportionality constant about the characteristic quantity of a stroke, and the certified value in tolerance by the 2nd proportionality constant is used as the description deformation component. The shape recognition approach according to claim 1 characterized by making the joint chosen so that the 1st proportionality constant might be set up more greatly than the 2nd proportionality constant, it might ask for the total with weight with a

potential deformation component and the description deformation component as deformation and deformation might become min into the joint which is in agreement with a configuration model.

[Claim 9] The shape recognition approach according to claim 7 or 8 characterized by collating with a configuration model by making the folding point of the polygonal line into a joint after giving polygonal-line approximation to the sequence of points of an object configuration.

[Claim 10] After giving polygonal-line approximation to the sequence of points of an object configuration, it collates with a configuration model by making the folding point of the polygonal line into a joint. About at least one joint in the joint of the object configuration where it used for collating The shape recognition approach according to claim 7 or 8 which makes a joint candidate other points of the object configuration of fixed within the limits near the joint of the object configuration corresponding to the joint, and is characterized by replacing with the joint candidate from whom deformation becomes min at the original joint, and adopting as a joint of an object configuration.

[Claim 11] The shape recognition approach according to claim 7 or 8 characterized by extracting the segment applied to sequence of points using the Hough curve corresponding to each point which performed and asked for the Hough conversion from the sequence of points of an object configuration, and collating with a configuration model by making the intersection of the acquired segment, and the endpoint of sequence of points into a joint.

[Claim 12] When the folding point of the polygonal line is extracted as a joint after giving polygonal-line approximation to the sequence of points of an object configuration If there is less number of a joint than the number of the joint in a configuration model, the point that distance with the segment which connects both joints among the sequence of points during a pair each of adjoining joints becomes max will be extracted as a joint candidate. The shape recognition approach according to claim 1 characterized by only for the number of the difference of the joint of a configuration model and the joint of an object configuration choosing the extracted joint candidate sequentially from the one where the above-mentioned distance is larger, and adding to the joint of an object configuration.

[Claim 13] When the segment applied to sequence of points using the Hough curve corresponding to each point which performed and asked for the Hough conversion from the sequence of points of an object configuration is extracted and the intersection of the acquired segment and the endpoint of sequence of points are extracted as a joint If there is less number of a joint than the number of the joint in a configuration model, the point that distance with the segment which connects both joints among the sequence of points during a pair each of adjoining joints becomes max will be extracted as a joint candidate. The shape recognition approach according

to claim 1 characterized by only for the number of the difference of the joint of a configuration model and the joint of an object configuration choosing the extracted joint candidate sequentially from the one where the above-mentioned distance is larger, and adding to the joint of an object configuration.

[Claim 14] The shape recognition approach according to claim 7 or 8 characterized by collating with a configuration model after complementing a lack part to the sequence of points of an object configuration.

[Claim 15] It is the shape recognition approach according to claim 7 or 8 characterized by blocking and setting up two or more configuration models for every part to an object configuration, setting up the tolerance of characteristic quantity about the segment which connects between the endpoints of each configuration model, and calculating deformation only using the description deformation component about this segment.

[Claim 16] The shape recognition approach according to claim 7 or 8 which is characterized by changing the tolerance of the characteristic quantity of a configuration model automatically based on the past collating result in carrying out by repeating shape recognition.

[Claim 17] The shape recognition approach according to claim 7 or 8 characterized by performing collating with an object configuration and a configuration model with dynamic programming.

[Claim 18] The shape recognition approach according to claim 7 or 8 which will be characterized by closing count of the deformation and calculating deformation about the next selection if deformation exceeds a threshold in the process which calculates deformation in case a threshold is set up about the above-mentioned deformation and a joint is chosen from an object configuration.

[Claim 19] The shape recognition approach according to claim 18 characterized by using the deformation of the min of the past like the count fault like the count fault of deformation as a threshold.

[Claim 20] The shape recognition approach according to claim 7 or 8 characterized by choosing a joint from the sequence of points of an object configuration using the information about at least one joint of a configuration model.

[Claim 21] The shape recognition approach according to claim 7 or 8 which will be characterized by closing count of the deformation and calculating deformation about the next selection if characteristic quantity comes outside the limit range in the process which calculates deformation in case the limit range is set as the characteristic quantity of a configuration model and a joint is chosen from an object configuration.

[Claim 22] The shape recognition approach according to claim 7 or 8 characterized by performing collating with a configuration model about the necessary partial configuration of the object configurations after performing collating with a

configuration model about the whole object configuration configuration.

[Claim 23] The shape recognition approach according to claim 7 or 8 which sets up the threshold to the minimum value of deformation, and is characterized by judging with extent of the coincidence of an object configuration to a configuration model being low when the minimum value of deformation is larger than a threshold.

[Claim 24] The shape recognition approach according to claim 7 or 8 characterized by judging whenever [ to the configuration model of an object configuration / coincidence ] by comparing the physical relationship of at least two points with the valuation basis set up beforehand among the joints of an object configuration.

[Claim 25] The shape recognition approach according to claim 7 or 8 characterized by choosing the configuration model by which two or more kinds of configuration models by which configurations differ mutually are set up, each configuration model is collated with an object configuration, and deformation becomes min among each configuration model as a configuration model which is in agreement with an object configuration.

[Claim 26] The shape recognition approach according to claim 7 or 8 characterized by choosing the first configuration model which became below the threshold to which two or more kinds of configuration models by which configurations differ mutually were set, each configuration model was collated with the object configuration in the sequence set up beforehand, and deformation was beforehand set among each configuration model as a configuration model which is in agreement with an object configuration.

---

## DETAILED DESCRIPTION

---

[Detailed Description of the Invention]

[0001]

[Industrial Application] This invention relates to the shape recognition approach of recognizing the object configuration expressed by the sequence of points arranged at the two-dimensional flat surface by collating with the configuration model used as criteria.

[0002]

[Description of the Prior Art] In case a plate like the griddle of a lot is welded and a corner joint is generally formed, it is required to measure the level difference formed among both plates and a clearance, and using the image processing which used the optical cutting method for measurement of such a dimension and a location is proposed. In order to use an optical cutting method for such an object, it is required to recognize the line drawing graphic form showing the cross-section configuration of the front face of the object acquired with the optical cutting method.

[0003] Like invention indicated by JP,1-161487,A as an approach of recognizing the

configuration of a line drawing graphic form The characteristic quantity of the segment extracted from the object configuration which is a diagram using the configuration model used as the criteria which described the parallelism of the location of the segment in a two-dimensional flat surface, the length, the inclination to the datum line, and segments etc. about the line drawing graphic form expressed as association of a segment, The approach by pattern matching which measures the characteristic quantity of the segment described by the configuration model for every segment, and detects the suiting segment serially is proposed.

[0004] Collating of the segments in this approach is performed by the binary decision which judges whether it is the inside of the tolerance where the difference of characteristic quantity was set up. By such collating approach, if it is going to secure recognition precision, when it is required to set up tolerance as small as possible and dispersion in the characteristic quantity of an object configuration is comparatively large, there is a problem that it is difficult to apply.

[0005] Zooming of the configuration model is carried out as an approach of solving such a problem, repeating collating with an object configuration and a configuration model, and the method of judging whether an object configuration suits a configuration model is proposed (JP,3-172978,A).

[0006]

[Problem(s) to be Solved by the Invention] However, by the above-mentioned method of performing collating with an object configuration, while carrying out zooming of the configuration model, in the optical cutting method into which an object configuration is inputted one after another with the passage of time, when dispersion in the characteristic quantity of an object configuration is large, the count of collating of each set elephant configuration and a configuration model increases, and there is a problem of leading to buildup of the processing time as a result. Moreover, by such approach, in changing the characteristic quantity of an object configuration selectively, there is also a problem of being inapplicable.

[0007] This invention tends to offer the shape recognition approach it enabled it to collate, without changing a configuration model for the purpose of solution of the above-mentioned trouble even if the object configuration was inputted one after another with the passage of time and it was the case that fluctuation of the configuration of each set elephant configuration was large.

[0008]

[Means for Solving the Problem] In the shape recognition approach of recognizing the object configuration expressed with the sequence of points on a two-dimensional flat surface by collating with a geometry configuration model in order that invention of claim 1 may attain the above-mentioned object While expressing a configuration model as a group with the stroke tied in order, during the joint of a finite individual, and a joint The tolerance which connotes a certified value and a certified value about the

characteristic quantity of each stroke is set up, and it is characterized by evaluating extent of the coincidence to the configuration model of an object configuration based on a difference with the certified value about the sequence of points of an object configuration, and relation with tolerance.

[0009] In invention of claim 1, when it is a segment or a partial ellipse and a stroke is made into a segment, invention of claim 2 the above-mentioned stroke When making at least one side of the die length of a segment, and the inclination of the segment over the fixed datum line into characteristic quantity and making a stroke into a partial ellipse, it is characterized by making at least one side of the major axis of an ellipse, and a whenever [ flat ], and the inclination of the major-axis direction over the above-mentioned datum line into characteristic quantity.

[0010] In invention of claim 1, when it is a segment or a partial ellipse and both the strokes that adjoin across a joint are segments, invention of claim 3 the above-mentioned stroke When both the strokes that make characteristic quantity at least one side with the include angle which the die length and the segments of each segment intersect, and adjoin across a joint are partial ellipses At least one of the include angles which the major axis of each ellipse and the major-axis direction of whenever [ of each ellipse / flat ], and both ellipses intersect is made into characteristic quantity. When one side of the line which adjoins across a joint is [ another side ] a partial ellipse in a segment, it is characterized by making into characteristic quantity at least one side with the include angle to which the major-axis direction of an ellipse intersects whenever [ flat ], and the segment of the die length of a segment, the major axis of an ellipse, and an ellipse.

[0011] In the shape recognition approach of recognizing the object configuration expressed with the sequence of points in three-dimension space by collating with a geometry configuration model, while expressing a configuration model as a group with the stroke tied in order, invention of claim 4 during the joint of a finite individual, and a joint The tolerance which connotes a certified value and a certified value about the characteristic quantity of each stroke is set up, and it is characterized by evaluating extent of coincidence with a configuration model based on a difference with a certified value, and relation with tolerance about an object configuration.

[0012] In invention of claim 4, when it is a segment or a partial ellipse and a stroke is made into a segment, invention of claim 5 the above-mentioned stroke When making at least one side of the die length of a segment, and the inclination of the segment over fixed datum level into characteristic quantity and making a stroke into a partial ellipse, it is characterized by making at least one side with the inclination of the major-axis direction over the major axis of an ellipse, and whenever [ flat ], and the above-mentioned datum level, and the direction of a minor axis into characteristic quantity.

[0013] In invention of claim 4, when it is the partial ellipse which makes a joint one

edge each of a segment or a major axis, and a minor axis and both the strokes that adjoin across a joint are segments, invention of claim 6 the above-mentioned stroke When both the strokes that make characteristic quantity at least one side with the include angle which the die length and the segments of each segment intersect, and adjoin across a joint are partial ellipses At least one of the include angles which the major-axis directions of the major axis of each ellipse, and whenever [ of each ellipse / flat ], and both ellipses and the directions of a minor axis intersect is made into characteristic quantity. When one side of the line which adjoins across a joint is [ another side ] a partial ellipse in a segment, it is characterized by making into characteristic quantity at least one side with the include angle to which the major-axis direction or the direction of a minor axis of an ellipse intersects whenever [ flat ], and the segment of the die length of a segment, the major axis of an ellipse, and an ellipse.

[0014] Invention of claim 7 with a stroke during the joint chosen in invention of claim 1 about all the combination that chooses the joint of a configuration model, and the joint of the same number from an object configuration An epilogue, The average of the distance of all the points on an object configuration and a configuration model is used as a potential deformation component. Total of an exceeded part to tolerance or an insufficiency is used as the description deformation component about the characteristic quantity of a stroke, and it asks for the total with weight with a potential deformation component and the description deformation component as deformation, and is characterized by making the joint chosen so that deformation might become min into the joint which is in agreement with a configuration model.

[0015] Invention of claim 8 with a stroke during the joint chosen in invention of claim 1 about all the combination that chooses the joint of a configuration model, and the joint of the same number from an object configuration An epilogue, The average of the distance of all the points on an object configuration and a configuration model is used as a potential deformation component. Total with the value which multiplied the difference of the value which multiplied an exceeded part or the insufficiency to tolerance by the 1st proportionality constant about the characteristic quantity of a stroke, and the certified value in tolerance by the 2nd proportionality constant is used as the description deformation component. The 1st proportionality constant is set up more greatly than the 2nd proportionality constant, and it asks for the total with weight with a potential deformation component and the description deformation component as deformation, and is characterized by making the joint chosen so that deformation might become min into the joint which is in agreement with a configuration model.

[0016] In invention of claim 7 or claim 8, after invention of claim 9 gives polygonal-line approximation to the sequence of points of an object configuration, it is characterized by collating with a configuration model by making the folding point of the polygonal line

into a joint. In invention of claim 7 or claim 8, after invention of claim 10 gives polygonal-line approximation to the sequence of points of an object configuration. About at least one joint in the joint of the object configuration where collated with the configuration model by having made the folding point of the polygonal line into the joint, and it used for collating. Other points of the object configuration of fixed within the limits near the joint of the object configuration corresponding to the joint are made into a joint candidate, and it is characterized by replacing with the joint candidate from whom deformation becomes min at the original joint, and adopting as a joint of an object configuration.

[0017] Invention of claim 11 is characterized by extracting the segment applied to sequence of points using the Hough curve corresponding to each point which performed and asked for the Hough conversion from the sequence of points of an object configuration, and collating with a configuration model by making the intersection of the acquired segment, and the endpoint of sequence of points into a joint in invention of claim 7 or claim 8. When the folding point of the polygonal line is extracted as a joint in invention of claim 1 after invention of claim 12 gave polygonal-line approximation to the sequence of points of an object configuration. If there is less number of a joint than the number of the joint in a configuration model, the point that distance with the segment which connects both joints among the sequence of points during a pair each of adjoining joints becomes max will be extracted as a joint candidate. It is characterized by only for the number of the difference of the joint of a configuration model and the joint of an object configuration choosing the extracted joint candidate sequentially from the one where the above-mentioned distance is larger, and adding to the joint of an object configuration.

[0018] Invention of claim 13 extracts the segment applied to sequence of points using the Hough curve corresponding to each point which performed and asked for the Hough conversion from the sequence of points of an object configuration in invention of claim 1. When the intersection of the acquired segment and the endpoint of sequence of points are extracted as a joint. If there is less number of a joint than the number of the joint in a configuration model, the point that distance with the segment which connects both joints among the sequence of points during a pair each of adjoining joints becomes max will be extracted as a joint candidate. It is characterized by only for the number of the difference of the joint of a configuration model and the joint of an object configuration choosing the extracted joint candidate sequentially from the one where the above-mentioned distance is larger, and adding to the joint of an object configuration.

[0019] In invention of claim 7 or claim 8, after invention of claim 14 complements a lack part to the sequence of points of an object configuration, it is characterized by collating with a configuration model. In invention of claim 7 or claim 8, invention of claim 15 blocks and sets up two or more configuration models for every part to an

object configuration, sets up the tolerance of characteristic quantity about the segment which connects between the endpoints of each configuration model, and is characterized by calculating deformation only using the description deformation component about this segment.

[0020] In carrying out by repeating shape recognition, invention of claim 16 is characterized by changing the tolerance of the characteristic quantity of a configuration model automatically based on the past collating result in invention of claim 7 or claim 8. Invention of claim 17 is a claim. The shape recognition approach according to claim 7 or 8 characterized by setting and performing collating with an object configuration and a configuration model with dynamic programming.

[0021] In invention of claim 7 or claim 8, invention of claim 18 will be characterized by closing count of the deformation and calculating deformation about the next selection, if deformation exceeds a threshold in the process which calculates deformation in case a threshold is set up about the above-mentioned deformation and a joint is chosen from an object configuration. Invention of claim 19 is characterized by setting to invention of claim 18 and using the deformation of the min of the past like the count fault like the count fault of deformation as a threshold.

[0022] Invention of claim 20 is characterized by choosing a joint from the sequence of points of an object configuration using the information about at least one joint of a configuration model in claim 7 or claim 8. In invention of claim 7 or claim 8, invention of claim 21 will be characterized by closing count of the deformation and calculating deformation about the next selection, if characteristic quantity comes outside the limit range in the process which calculates deformation in case the limit range is set as the characteristic quantity of a configuration model and a joint is chosen from an object configuration.

[0023] In invention of claim 7 or claim 8, after invention of claim 22 performs collating with a configuration model about the whole object configuration configuration, it is characterized by performing collating with a configuration model about the necessary partial configuration of the object configurations. It is characterized by judging with invention of claim 23 setting up the threshold to the minimum value of deformation, and its extent of the coincidence of an object configuration to a configuration model being low in invention of claim 7 or claim 8, when the minimum value of deformation is larger than a threshold.

[0024] Invention of claim 24 is characterized by judging whenever [ to the configuration model of an object configuration / coincidence ] in invention of claim 7 or claim 8 by comparing the physical relationship of at least two points with the valuation basis set up beforehand among the joints of an object configuration. In invention of claim 7 or claim 8, invention of claim 25 sets up two or more kinds of configuration models by which configurations differ mutually, collates each configuration model with an object configuration, and is characterized by choosing the

configuration model by which deformation becomes min among each configuration model as a configuration model which is in agreement with an object configuration.

[0025] Invention of claim 26 is characterized by choosing the first configuration model which became below the threshold to which two or more kinds of configuration models by which configurations differ mutually were set in invention of claim 7 or claim 8, each configuration model was collated with the object configuration in the sequence set up beforehand, and deformation was beforehand set among each configuration model as a configuration model which is in agreement with an object configuration.

[0026]

[Function] According to this invention, an object configuration is expressed with the sequence of points on a two-dimensional flat surface, and the configuration model is expressed as a group of the joint of a finite individual, and a stroke. Since the tolerance which connotes a certified value and a certified value about the characteristic quantity of each stroke is set up and extent of coincidence with a configuration model is evaluated based on a difference with a certified value, and relation with tolerance about an object configuration In the set-up tolerance, if it judges that extent of coincidence is high, even if it changes the characteristic quantity of an object configuration somewhat, a part for this fluctuation is absorbable.

[0027] Invention of claim 4 is the escape into the case where it is the configuration as which an object configuration is expressed in the sequence of points of three-dimension space, and can be treated like the case of the two-dimensional flat surface in claim 1. In invention of claim 2 and claim 5, a joint and a stroke can express a configuration model, and collating which does not include a rotation can be performed by using an inclination as characteristic quantity about each stroke by it. Moreover, it becomes possible like invention of claim 3 and claim 6 to collate also about an object configuration including a rotation by using the include angle between each stroke for characteristic quantity.

[0028] The deformation which considered an exceeded part to tolerance and the insufficiency about characteristic quantity can be used for assessment of coincidence extent of an object configuration and a configuration model, and invention of claim 7 or claim 8 can estimate the difference over the configuration model of an object configuration not as binary decision, such as adaptation and nonconformance, but as continuous deformation. And since it totals by the whole configuration model about characteristic quantity, on the whole, the difference in in the configuration and configuration model which are formed by the joint chosen from the object configuration can be evaluated.

[0029] Moreover, only by minimizing the cumulative value about the characteristic quantity for every segment as an approach of finding the optimal combination which chooses the joint of a configuration model, and the coordinate point of the same number from an object configuration Although only the recognition precision of this

tolerance extent is acquired at most since a configuration model has tolerance, the average of the minimum distance of all the points on an object configuration and a configuration graphic form is used as a potential deformation component. Since this potential deformation component is considered as a component of deformation, even if the configuration model has tolerance, a high recognition precision is acquired. That is, in the matching processing which collates an object configuration and a configuration model, the deformation component of the characteristic quantity (die length, include angle, etc.) of a configuration model acts effective in grasping coincidence of a rough configuration, and a potential deformation component acts effective in grasp of coincidence of a more detailed configuration when the configuration is roughly in agreement, when the deformation of characteristic quantity is small that is,.

[0030] If deformation is calculated about matching processing to all the combination that chooses the joint of a configuration model, and the joint of the same number, processing cost will increase, but if an approach as shown in claim 9, claim 10, claim 11, claim 16, claim 17, claim 18, claim 19, claim 20, and claim 21 is adopted, unnecessary count can be excepted and the efficiency of processing will be increased.

[0031] The approach of claim 12 and claim 13 is an art in the case of being fewer than the number of the joint of the configuration model which the joint chosen from the object configuration tends to collate, and since it chooses sequentially from the high thing of possibility that will choose a comparatively good joint candidate and a joint will come out of a joint candidate, it can extract the joint so that collating with an object configuration to a configuration model may be attained with an easy procedure.

[0032] Moreover, since a potential deformation component is contained in the deformation used for assessment of coincidence extent of an object configuration and a configuration model as mentioned above, the stroke during the joint of an object configuration can usually be processed, even if the discontinuous part is contained in the object configuration, if the approach of claim 14 and claim 15 is used, although it must be continuation. Furthermore, according to the approach of claim 22, since detailed shape recognition can be performed using the result after dividing the process of shape recognition into two or more steps and performing coarse shape recognition first, the precision of shape recognition can be raised.

[0033] According to the approach of claim 23 and claim 24, coincidence extent of an object configuration and a configuration model can be evaluated. Moreover, when it seems that he wants to identify two or more kinds of object configurations, the class for recognition can be distinguished by the approach of claim 25 and claim 26, and the recognition using a proper configuration model is attained.

[0034]

[Example]

(Example 1) In this example, it illustrates about the case where the cross-section

configuration of a corner joint where the plate of a lot was compared at the abbreviation right angle is measured with an optical cutting method. In an optical cutting method, as shown in drawing 5, the sequence of points corresponding to the configuration of an object 1 are extracted by irradiating the slit light which crosses the flection of an object 1 from the light source 2 at an object 1, picturizing the projection pattern of slit light with image pick-up equipment 3 like a CCD camera from a different direction from the direction of radiation of the slit light from the light source 2, and performing the following processings about the image captured with image pick-up equipment 3. That is, the location of point of measurement is expressed with the coordinate within a two-dimensional flat surface about each point of measurement on a nodal line with the cutting plane which crosses the flection of an object 1.

[0035] The shade image Q1 ( drawing 6 (a)) captured with image pick-up equipment 3 is the shade image Q1 which was once stored in the frame memory 11 and was stored in the frame memory 11. It is inputted into the binary-ized processing section 12. Binary image Q2 as shows the concentration of each pixel suitably to drawing 6 (b) by making concentration of each pixel binary in the binary-ized processing section 12 as compared with a threshold It obtains. Next, binary image Q2 A noise component is removed in the noise rejection processing section 13. here -- binary image Q2 Diagram I2 for which it asked since it usually comes out to have width of face of two or more pixels and there is -- the core-wire extract section 14 -- setting -- binary image Q2 Diagram I2 Diagram I3 with width of face of 1 pixel as extracted core wire as a center line and shown in drawing 6 (c) Line drawing image Q3 which consists of data It obtains. Diagram I3 It is the train of a pixel with width of face of 1 pixel, and the sequence of points which reflected the configuration of the flection of an object 1 by the sequence-of-points generation section 15 are obtained. At the sequence-of-points generation section 15, it is a diagram I3. It considers as the location data of sequence of points by arranging the position coordinate of each pixel sequentially from the left about the longitudinal direction of a screen. It is a diagram I3 here. Although all pixels are made into sequence of points, when resolution may be lowered, whenever two or more pixels go to the longitudinal direction of a screen, a 1-pixel position coordinate may be searched for, or you may carry out making central value into a position coordinate every two or more pixels etc. Thus, diagram I3 It can be based and sequence of points S like drawing 6 (d) can be obtained. These sequence of points S are put in order by ascending order about the axis-of-abscissa coordinate of an image, and are used for the processing after being stored in memory.

[0036] Although the sequence of points S obtained as mentioned above are compared with a configuration model as an object configuration, since matching processing takes time amount as compared with a configuration model with sequence of points S, the list of sequence of points S is approximated with the polygonal line. Although the various proposals of the approach of approximating sequence of points S to the

polygonal line are made, the approach learned as a pursuing method is adopted here. namely, as shown in drawing 7 , as that with which each point  $P_j$  ( $j= 0, 1, \dots, n$ ) contained in the sequence of points  $S$  made into the object of polygonal-line approximation is located in a line sequentially from the left It is the starting point  $P_0$  like drawing 7 (a). Other points  $P_j$  which consider as one endpoint  $P_{j1}$  and are included in sequence of points  $S$  The segment  $\langle P_{j1}P_{j2} \rangle$  which connects the ends points  $P_{j1}$  and  $P_{j2}$  as an other-end point  $P_{j2}$  is set up. If the segment  $\langle P_{j1}P_{j2} \rangle$  is inserted here between two tangents  $\lambda_1$  which pass along an endpoint  $P_{j1}$  among the tangents of the circle  $C_{j-1}$  of the radius  $\epsilon$  centering on the point  $P_{j-1}$  in front of [ of an endpoint  $P_{j2}$  ] one,  $j-1$ ,  $\lambda_2$ , and  $j-1$ , a point  $P_{j-1}$  and the distance with a segment  $\langle P_{j1}P_{j2} \rangle$  are below  $\epsilon$ . Then, one endpoint  $P_{j1}$  is fixed, the other-end point  $P_{j2}$  is changed in order of the list of sequence of points  $S$ , and it judges whether a point  $P_{j-1}$  and distance with a segment  $\langle P_{j1}P_{j2} \rangle$  are below  $\epsilon$  as mentioned above. Thus, the longest segment  $\langle P_{j1}P_{j2} \rangle$  a point  $P_{j-1}$  and whose distance with a segment  $\langle P_{j1}P_{j2} \rangle$  are below  $\epsilon$  is selected. Namely, in the example of drawing 7 , as shown in this drawing (b),  $J_2=8$  make a segment  $\langle P_0 P_8 \rangle$  the longest segment by starting with  $J_1=0$  and  $J_2=2$ , since conditions are no longer fulfilled in  $J_2=9$ , although the conditions [ distance / with a segment  $\langle P_{j1}P_{j2} \rangle$  / a point  $P_{j-1}$  and ] below  $\epsilon$  are fulfilled.

[0037] Next, it considers as the endpoint  $P_{j1}$  which fixes the last endpoint  $P_{j2}$  (the upper example  $P_8$ ) where the above-mentioned conditions were fulfilled, and the longest segment  $\langle P_{j1}P_{j2} \rangle$  a point  $P_{j-1}$  and whose distance with a segment  $\langle P_{j1}P_{j2} \rangle$  are below  $\epsilon$  is searched for in the same procedure. That is, in the example of drawing 7 , as shown in this drawing (c),  $J_1=8$  and the processing begun and mentioned above from  $J_2=10$  are repeated. Thus, an endpoint  $P_{j2}$  is the terminal point  $P_n$  of sequence of points  $S$ . Processing which selects a segment  $\langle P_{j1}P_{j2} \rangle$  can be performed until it reaches, and sequence of points  $S$  can be eventually approximated like drawing 7 (d) with the polygonal line which combined the segment  $\langle P_{j1}P_{j2} \rangle$ .

[0038] If it compares when the stroke (a straight line, curve) which connects between folding points to the location of a folding point can express the characteristic quantity of the cross-section configuration of an object 1 and it will collate the sequence of points  $S$  of a configuration like drawing 8 with a configuration model, if the graphic form which approximated sequence of points  $S$  with the polygonal line as mentioned above is use as an object configuration, it will become possible to be able to reduce the number of data substantially and to accelerate matching processing.

[0039] by this example, since the cross-section configuration of an object 1 becomes an abbreviation  $M$  typeface, it is shown in drawing 9 as a configuration model -- as -- five joint  $p_0 - p_4$  each -- joint  $p_0 - p_4$  Four stroke (segment)  $s_0 - s_3$  which connect between What was expressed can be used. as the characteristic quantity of a configuration model -- each -- stroke  $s_0 - s_3$  With die length  $l_k$  ( $k=0-3$ ) the axis of

abscissa of a two-dimensional flat surface (image) is received -- each -- stroke s0 -s3 inclination thetak (k=0-3) -- using -- further -- each characteristic quantity -- tolerance [lmink, lmaxk], [thetamink, thetamaxk], and a certified value lstk and thetastk It is set up (k=0-3). The following relation is materialized so that more clearly than a definition.

lmink<lstk < lmaxkthetamink<theta stk <thetamaxk -- here, about tolerance [lmink, lmaxk], and [thetamink, thetamaxk], it is suitably set up according to the range of fluctuation of the dimension of the line drawing graphic form acquired from an object 1. [0040] If the object configuration which carried out polygonal-line approximation of the cross-section configuration of an object 1 is acquired, pattern matching (matching processing) with the configuration model defined as mentioned above will be performed. In matching processing, the joint of the joint p0 -p4 and the same number of a configuration model first collated from an object configuration is chosen (here). The number of the joint of an object configuration is joint p0 -p4 of a configuration model. It asks for the die length of the segment at the time of connecting with a segment during the selected joint assumed [ more ] than the number like a configuration model, and the inclination to the axis of abscissa (datum line) of a two-dimensional flat surface (image). Moreover, distance epsilonj with the nearest thing among the segments which constitute a configuration model about all the joints of an object configuration It asks and is distance epsilonj. The average is defined as the potential deformation component Ep. Inclination thetak in the die length lk of a segment [ in / to drawing 2 / distance epsilonj and a configuration model ], and a configuration model A concept is shown. The pixel which showed the pixel shown by the double circle in drawing 2 by joint p0 -p4 which laps in a configuration model and an object configuration, and the rice field typeface shows the joint which occurs only in an object configuration. The potential deformation component Ep is the point Pi included in the sequence of points S of an object configuration. It is expressed with several 1 when setting the number (number of a joint when polygonal-line approximation is carried out) to n.

[0041]

[Equation 1]

$$E_p = \sum_{j=0}^{n-1} (\epsilon_j) / n$$

[0042] next, about the die length and each inclination of each segment of an object configuration, when it is outside tolerance as compared with the tolerance set up about the configuration model length -- die-length deformation component Dlk \*\* -- carrying out -- inclination -- include-angle deformation component Dsk \*\*\*\*\* --

die-length deformation component  $Dl_k$  Include-angle deformation component  $Ds_k$  It asks for each total  $El$  and  $Etheta$ , respectively (however,  $k$  number of the segment of a configuration model). Namely, die-length deformation component  $Dl_k$  Include-angle deformation component  $Ds_k$  It is expressed with a degree type, respectively.

$$\begin{aligned}
 D l_k &= l_k - l_{maxk} & (l_k > l_{maxk}) \\
 &0 & (l_{min k} < l_k < l_{maxk}) \\
 &l_{min k} - l_k & (l_k > l_{min k}) \\
 D s_k &= \theta_k - \theta_{maxk} & (\theta_k > \theta_{maxk}) \\
 &0 & (\theta_{min k} < \theta_k < \theta_{maxk}) \\
 &\theta_{min k} - \theta_k & (\theta_k > \theta_{min k})
 \end{aligned}$$

Moreover, die-length deformation component  $Dl_k$  Include-angle deformation component  $Ds_k$  Each total  $El$  and  $Etheta$  are expressed with a degree type, respectively.

$El = \sum (Dl_k)$

$E theta = \sum (Ds_k)$

The range of  $k$  is based on the number of a segment here.

[0043] above -- carrying out -- the potential deformation component  $Ep$  and die-length deformation component  $Dl_k$  Include-angle deformation component  $Ds_k$  if each total  $El$  and  $Etheta$  are called for -- a degree -- the total with weight of each components  $Ep$  and  $El$  and  $Etheta$  -- deformation  $Ettotal$  \*\*\*\*\* -- it asks. Deformation  $Ettotal$  When referred to as each components  $Ep$  and  $El$ , the weighting factors  $Wp$  and  $Wl$  to  $Etheta$ , and  $Wtheta$ , it can express like a degree type.

$Ettotal = Wp \times Ep + Wl \times El + Wtheta \times E theta$  -- deformation  $Ettotal$  defined as mentioned above all the combination of the selection approach of the joint from an object configuration -- asking -- deformation  $Ettotal$  The selection approach of the joint which becomes min (the minimum value of deformation  $Ettotal$  is hereafter called the minimum deformation) is considered as the optimal selection. The above-mentioned collating process is shown in drawing 1.

[0044] The result obtained by the above matching processings is set as the object of shape recognition. Suppose that the result of matching processing became the configuration expressed with the joints  $Bp0$ – $Bp4$  shown in drawing 3, and the segment which connects each joints  $Bp0$ – $Bp4$  now. Drawing 3 has piled up and shown to the result of matching processing of the cross-section configuration of an object 1. Both the plates  $M1$  at the time of welding the plate  $M1$  of a couple, and  $M2$  and here, forming a corner joint, and  $M2$  Physical relationship etc. is measured and it is a plate

M1 and M2. Board thickness  $t$  shall be known. In this case, it can ask for the clearance between joints as A dimension of drawing 3 , and a difference with board thickness  $t$ , and the level difference of a joint can ask for the dimension B of drawing 3 , and the location of a joint as a coordinate of the point C of drawing 3 . In short, the configuration of a joint is measurable with a procedure like drawing 4 .

[0045] (Example 2) Although the object configuration was compressed in the above-mentioned example by carrying out polygonal-line approximation of the sequence of points S which are the inputted object configurations, an object configuration is acquired by performing Hough conversion to sequence of points S in this example. That is, as a straight line  $L_i$  ( $i=0-5$ ) is applied by the Hough conversion to the sequence of points S as shown in drawing 10 (a) and it is shown in drawing 10 (b), it is each straight line  $L_i$ . An intersection and the endpoint of sequence of points S are adopted as a joint  $B_{ki}$  ( $i=0-6$ ). However, straight line  $L_i$  It removes and it is one straight line  $L_i$  which is not among intersections in the near range of sequence of points S. The unnecessary joint  $B_{ki}$  is made not to be obtained with restricting Joint  $B_{ki}$  to a maximum of two pieces, if it attaches. Here, although the method of applying a straight line by the Hough conversion is common knowledge, it is explained briefly. That is, it is known that the Hough curve in the polar-coordinate space (parameter space) obtained by performing Hough conversion to each point of sequence of points S has one intersection when each point exists on a straight line. Therefore, straight line  $L_i$  which represents the sequence of points S to which this one point exists on an abbreviation straight line if one point it can be considered that is the intersection of the Hough curve is searched for It is the straight line  $L_i$  to sequence of points S by expressing and asking for the intersection of the Hough curve. The reliance panel can be performed. Stroke  $s_i$  to which during Joint  $B_{ki}$  will be connected in order if Joint  $B_{ki}$  can be found By asking, the approach shown in drawing 1 and the same approach are applicable. That is, even if it uses the Hough conversion, the amount of data of sequence of points S is compressible. About other approaches, it is the same as that of an example 1.

[0046] (Example 3) At the above-mentioned example, it is each joint  $p_k$  of a configuration model. Although between is connected only with the segment, a part of ellipse is collectively used as a stroke to which during a joint is connected with this example. Namely, joint  $p_1$  shown in drawing 11 Joint  $p_2$  In between, with the configuration model of the example 1 shown in drawing 9 , it is joint  $p_1-p_2-p_3$ . Although considered as the polygonal line to connect At this example, a major axis and a minor axis are a segment  $s_0$ , respectively. Segment  $s_2$  Stroke  $s_1$  which is a part of ellipse (partial ellipse) which is extension wire It is a joint  $p_1$  by using. Joint  $p_2$  It has connected.

[0047] In this case, joint  $p_1$  Joint  $p_2$  In between, it is the major axis  $l_1$  of an ellipse about the die length of a stroke. It is the inclination  $\theta_1$  of a major axis [ as

opposed to / define by minor-axis  $l_1$  ' and / inclination / a stroke / an axis of abscissa ]. A definition is given. Furthermore, a certified value and tolerance are set up also about also whenever [ of an ellipse / flat ] (= a minor axis/major axis). About other approaches, it is the same as that of an example 1.

(Example 4) This example is processing of an about when a discontinuous part DS and the lack part VC of data exist in the sequence of points S obtained as an image of an object 1, as shown in drawing 12 (a), in such a case, before searching for the object configuration which carried out polygonal-line approximation of the sequence of points S, complement processing is performed, and a continuity is acquired by sequence of points S like drawing 12 (b) (CP shows a complement part to drawing 12 (b)). Complement processing is processing which connects between the endpoints of a discontinuous part in a straight line, and if such complement processing is performed, it can search for the object configuration which carried out polygonal-line approximation in the same procedure as an example 1. About other approaches, it is the same as that of an example 1.

[0048] (Example 5) The number of the joint  $B_{pi}$  for which it asked about the object configuration when fluctuation arose in an object configuration in an example 1, although polygonal-line approximation was performed for the object configuration using the pursuing method is the joint  $p_i$  of a configuration model. It may become less than the number. Thus, the number of Joint  $B_{pi}$  and the joint  $p_i$  of a configuration model for which it asked about the object configuration When the number is not in agreement, the problem that matching processing cannot be performed arises.

[0049] Then, the number of the joint  $B_{pi}$  ( $i=0-4$ ) obtained by the result of having performed polygonal-line approximation in this example as shown in drawing 13 (a) is the joint  $p_i$  of a configuration model. In being fewer than the number stroke  $B_{si}$  which connects both the joints  $B_{pi}$  and  $B_{pi+1}$  like drawing 13 (b) about a pair each of adjoining joints  $B_{pi}$ , and the sequence of points S between  $B_{pi+1}$  distance -- asking -- maximum distance  $\epsilon_{pi}$  it is -- Point  $C_{pi}$  is searched for as a joint candidate. Thus, each stroke  $B_{si}$  After receiving and asking for the joint candidate  $C_{pi}$ , it is maximum distance  $\epsilon_{pi}$ . As the joint candidate  $C_{pi}$  of the lack number is employed as a joint  $B_{pi}$  of an object configuration and it is shown in drawing 1 (c) sequentially from the larger one, it is the joint  $p_i$  of a configuration model. The joint  $B_{pi}$  ( $i=0-5$ ) of the number in agreement is determined.

[0050] If the above procedure is packed, it will become like drawing 14 . the joint  $B_{pi}$  of one pair each of \*\*\*\*\* for which it asked by polygonal-line approximation after expected-izing ( $i$  is set to 0) and  $B_{pi+1}$  -- stroke (segment)  $B_{si}$  order -- an epilogue and stroke  $B_{si}$  the inside of the joint  $B_{pi}$  of ends, and the sequence of points S between  $B_{pi+1}$  -- stroke  $B_{si}$  from -- distance -- maximum distance  $\epsilon_{pi}$  The becoming joint candidate  $C_{pi}$  is looked for. [ namely, ] By repeating the above-mentioned procedure until  $i$  becomes the number  $-2$  of Joint  $B_{pi}$ , it asks for

the joint candidate  $C_{pi}$  about all the strokes  $B_{si}$ , and is maximum distance  $\epsilon_{pi}$  among the joint candidates  $C_{pi}$ . The joint candidate  $C_{pi}$  of the need number is chosen sequentially from the larger one, and it adds to Joint  $B_{pi}$ .

[0051] If the number of the joint  $B_{pi}$  first obtained by adopting an above-mentioned procedure is  $N$  individual, it becomes possible to increase the number of Joint  $B_{pi}$  to an individual  $(2N-1)$  at the maximum. Moreover, what is necessary is just to increase the number of Joint  $B_{pi}$  using the joint candidate  $C_{pi}$ , by adopting the above-mentioned procedure again to the joint  $B_{pi}$  which added the joint candidate  $C_{pi}$ , when [ even if it carries out, ] it runs short to the number of the joint  $p_i$  of a configuration model, the increase of the number of Joint  $B_{pi}$ , and. Other procedures are the same as that of an example 1.

[0052] (Example 6) For this example, the number of the joint  $B_{ki}$  for which it asked from the object configuration like the example 5 is the joint  $p_i$  of a configuration model. It receives, when it runs short, it is the example of an about, and from the object configuration, it is asking for Joint  $B_{ki}$  by the Hough conversion using the procedure of \*\*\*\*\* 2. Straight line  $L_i$  corresponding to the point which is equivalent to the intersection of the Hough curve in the space after conversion (polar-coordinate space) when asking for Joint  $B_{ki}$  by the Hough conversion As it asks and is shown in drawing 15 (a), it is a straight line  $L_i$ . Since the intersection of comrades and the endpoint of sequence of points  $S$  are adopted as a joint  $B_{ki}$ , the point and Joint  $B_{ki}$  which are included in sequence of points  $S$  are not necessarily in agreement. So, at this example, it is a straight line  $L_i$ . Point  $P_i$  included in sequence of points  $S$  like drawing 15 (b) instead of making an intersection into Joint  $B_{ki}$  It is a straight line  $L_i$  inside. He is trying to adopt the point nearest to an intersection as a joint  $B_{pi}$ . The following procedures are the strokes  $B_{si}$  which it is the same as an example 5, and connect the \*\*\*\*\* joint  $B_{pi}$  and  $B_{pi+1}$ . Distance with the point included in sequence of points  $S$  is maximum distance  $\epsilon_{pi}$ . The becoming point is made into the joint candidate  $C_{pi}$ , and it is maximum distance  $\epsilon_{pi}$ . To the order from the larger one, it is the joint  $p_i$  of a configuration model. The joint candidate  $C_{pi}$  is chosen by the lack number to the number, and it adds to Joint  $B_{pi}$ . Thus, it is the joint  $p_i$  of a configuration model like drawing 15 (c). It can be determined that the joint  $B_{pi}$  of a configuration model will be in agreement with the number.

[0053] If the above-mentioned procedure is packed, the point of difference with the procedure of the example 5 which became like drawing 16 and was shown in drawing 14 is the straight line  $L_i$  for which it asked by the Hough conversion before expected-izing. Point  $P_i$  included in sequence of points  $S$  near the intersection It asks and is this point  $P_i$ . It is only the part which has added the process adopted as first joint  $B_{pi}$ . Other procedures are the same as that of an example 2.

(Example 7) This example is the approach of performing matching processing with an object configuration combining the configuration model of a comparatively easy

configuration, and is made to perform collating with a configuration model for every part of an object configuration. That is, as shown in drawing 17, they are block B10 and B11 about a configuration model. It carries out, and collates with an object configuration, and they are block B10 and B11. It is a segment s2 about between. It joins together. In this case, block B10 and B11 Segment s2 which connects between It treats like other segments and a certified value and tolerance are set up about die length and inclination. If a configuration model is set up as mentioned above, as shown in drawing 18, it will become possible to perform matching processing with an object configuration using two configuration models. About other approaches, it is the same as that of an example 1.

[0054] (Example 8) An object configuration and a configuration model are collated in the example 1, and it is the die-length deformation component Dlk. And include-angle deformation component Dsk In case it asks, like drawing 19 (a) Die length lk Inclination thetak If it is in tolerance, it is the die-length deformation component Dlk. And include-angle deformation component Dsk Although it was set as 0, if it is except a certified value even if it is in tolerance, by this example, the value which is proportional to a difference from a certified value will be given like drawing 19 (b). namely, die-length deformation component Dlk And include-angle deformation component Dsk \*\*\*\*\* -- although the value which is proportional to a difference with a certified value irrespective of the inside and outside of tolerance is given, in tolerance, the proportionality coefficient is small set up rather than the outside of tolerance. Thus, even if it is in tolerance, by giving the value according to a difference with a certified value, a difference with a certified value can be evaluated more strictly than an example 1, and improvement in recognition precision can be aimed at. About other approaches, it is the same as that of an example 1.

[0055] (Example 9) In the example 1, the configuration model of a deformable form will be set up by having set up tolerance about the configuration model. Therefore, it is deformation Etotal like an example 1 in the case of matching processing. Though object configurations differ substantially to the configuration model when a joint which becomes min is chosen, the case where an object configuration is in agreement with a configuration model arises. Then, in this example, the point that the minimum deformation shows extent of a difference of the object configuration over a configuration model is noted, and it is deformation Etotal as an index of whenever [ with the configuration model of an object configuration / coincidence ]. It uses. That is, the threshold to the minimum deformation is set up, and if the minimum deformation is larger than a threshold, it will be judged that whenever [ to the configuration model of an object configuration / coincidence ] is low.

[0056] For example, as shown in drawing 20, an object 1 is the plate M1 of a couple, and M2. The joint Bpi for which it asked from sequence of points S and sequence of points S in case the cutting plane line by the optical cutting method is formed in I of

drawing 20 and the location of RO carries out to it having seemed to be drawing 21 (a) and (b), respectively noting that it is the corner joint welded and formed. Here, if it collates with a configuration model like drawing 9 , deformation of a configuration model is hardly needed but large deformation of a configuration model is needed in the object configuration of drawing 21 (a) with the object configuration of drawing 21 (b). Namely, as compared with the object configuration of drawing 21 (b), as for the object configuration of drawing 21 (a), the minimum deformation becomes large substantially. Then, when the start point of a corner joint is detected, the threshold Es to the minimum deformation is set up and the minimum deformation becomes below the threshold Es as what scans a cutting plane line from a top to the bottom with an optical cutting method about the corner joint of drawing 20 as shown in drawing 22 , it becomes possible to judge with it being the starting position of a corner joint. The location of I in drawing 22 and RO corresponds here in I of drawing 20 , and the location of RO. A threshold Es can detect the location near the I location of drawing 20 as a start point of a corner joint, if it sets up highly, and if it sets up low, it can detect a location distant from the I location of drawing 20 as a start point of a corner joint. Therefore, about a threshold Es, a value which the start point of a corner joint makes detect appropriately based on an experimental result is determined. Since it is the same as that of an example 1 about other procedures, explanation is omitted.

[0057] (Example 10) It is deformation Etotal, although whenever [ object configuration, configuration model, and overall coincidence ] can be evaluated if the minimum deformation is used like an example 9. Since it asks as total with weight of three kinds of components, a difference of a local configuration cannot be evaluated strictly.

[0058] So, in this example, as the example 1 explained using drawing 3 and drawing 4 Joint pk of a configuration model By using that the physical relationship of an object 1 is acquired as a collating result of the joint Bpi of an object configuration, making a part of numeric value [ at least ] showing the physical relationship of an object 1 into an assessment value, and comparing with a fixed valuation basis It is made to perform assessment of whenever [ with a configuration model and an object configuration / coincidence ].

[0059] For example, if the case where it welds by recognizing the configuration of a corner joint is explained The tolerance which can be welded without making into an assessment value the dimension a and B which were shown in drawing 3 obtained in the procedure of drawing 4 , and producing a defect about such dimension a and B by the experimental result If the above-mentioned tolerance is made into the valuation basis when it understands as  $A_{min} < A < A_{max}$   $B_{min} < B < B_{max}$ , dimension a and B can perform assessment of whenever [ to the configuration model of an object configuration / coincidence ]. This approach can estimate strictly to a difference of a local configuration, and it is useful to the judgment of whether to be able to do an activity with especially actual welding etc. That is, when dimension a and B have

deviated from tolerance, it becomes possible to judge that welding operation is forbidden.

[0060] If the above-mentioned procedure is packed, it will become like drawing 23 . That is, an object configuration is first collated with a configuration model, and it asks for the dimension a and B which become an assessment value based on the result. Next, it evaluates that it is the inside of tolerance about dimension a and B, and when having deviated also from either of the upper limit of tolerance, and a lower limit about dimension a and B, it judges with an object configuration and a configuration model not being in agreement. Moreover, if dimension a and B are in tolerance, it will judge with an object configuration and a configuration model being in agreement. About other procedures, it is the same as that of an example 1.

[0061] (Example 11) Deformation Etotal mentioned above by the approach of an example 1 about all the combination that chooses the joint of a configuration model, and the joint of the same number about an object configuration Since he was trying to ask, when there is much number of the joint included in an object configuration, the processing time may increase. So, in this example, dynamic programming is used as an approach of controlling buildup of the processing time. That is, drawing needs reduction of computational complexity by optimizing gradually about all joints, like an example 1, rather than optimizing by once. now and drawing 24 -- like -- joint Tp0 -Tp5 of a configuration model Joint p0 -p8 of an object configuration \*\*\*\*\* -- it shall collate with dynamic programming

[0062] In this dynamic programming, as shown in drawing 26 , it optimizes in order for every segment, and it is a joint Tp0 first. Joint Tp1 The high segment of possibility of suiting the segment of a between is discovered from an object configuration. That is, as shown in drawing 25 (a), it is a joint p0 first. Or joint p1 Joint Tp0 Joint p1 -p5 from which the segment near [ when it is made in agreement ] a configuration model is acquired A candidate is chosen (a performance index estimates this processing). next, drawing 25 (b) -- like -- joint p1 -p5 of each candidate Joint Tp1 the time of making it in agreement -- joint Tp2 up to -- joint p2 -p6 which evaluates whenever [ with a segment / coincidence ] and becomes a candidate It chooses. As two steps of such assessment shows to drawing 25 (c), it is a joint Tp1. The joint p1 which may be in agreement, and p3 It can extract to two pieces. If it evaluates like the following, it will be joint Tp0 -Tp5 of a configuration model like drawing 25 (d). Joint p0 -p8 with highest extent of coincidence It can choose.

[0063] Joint Tp0 -Tp5 Joint p0 -p8 Assessment of extent of coincidence It progresses serially. it mentioned above -- as -- optimization of the 1st segment (segment Tp0 Tp1), and optimization of the combination of the 1st segment and the 2nd segment (segment Tp1Tp2) -- as -- As shown in drawing 27 and drawing 28 , it asks for the average of the distance of the segment of an object configuration and a configuration model, a die-length deformation component, and an include-angle

deformation component, and asks for total with weight also as deformation. Joint p0-p8 from which this deformation becomes min It considers as the joint for which it asks. Drawing 27 shows the 1st segment and drawing 28 shows optimization in the combination of the 1st segment and the 2nd segment.

[0064] If the above matching processings are performed, computational complexity will be reduced substantially and high-speed processing will be attained. About other approaches, it is the same as that of an example 1.

(Example 12) This example reduces the computational complexity in matching processing by setting up a threshold to deformation. That is, when the threshold which the deformation calculated in matching processing of an example 1 and the deformation accumulated in process of matching processing of an example 11 specified is exceeded, the joint chosen from the object configuration judges that it is not the point which is in agreement at the joint of a configuration model, closes count, and is made to calculate about the next joint. Thus, since he is trying to close an operation about the joint which does not suit in the operation process of deformation, computational complexity is reduced and processing speed is accelerated.

[0065] Here, the threshold to deformation refers to distribution of the deformation as a result of the past matching processing about two or more object configurations, and sets it as as small a value as possible. Moreover, when deformation is smaller than the set-up threshold, you may make it use the deformation for the threshold in matching processing in the process of matching processing. Or if the die length and the inclination for which it asked from the object configuration in the process which calculates deformation come outside the limit range in case the limit range is set up about the die length of a configuration model, or inclination and a joint is chosen from an object configuration again, deformation about the joint which closed count of the deformation and was chosen as the degree may be calculated. About other approaches, it is the same as that of an example 1.

[0066] (Example 13) In this example, in order to reduce the computational complexity in matching processing, the information about a configuration model is used. About the configuration model shown in drawing 9, for example, \*\* "a joint p0 and p4 correspond to the edge of right and left of data", \*\* If the information that the \*\* "joint p0 "in the location where a joint p3 is the highest" is located in a location surely lower than a joint p1" is used, in case the joint corresponding to the joint of a configuration model will be chosen from an object configuration, the number of combination can be reduced. \*\* If the information of \*\* is used, the joints Bp0, Bp3, and Bp4 of drawing 29 (a) can be chosen. Moreover, if the information of \*\* is used, the selection range of a joint Bp2 can be made small to the joint Bp1 of drawing 29 (b). Other approaches are the same as that of an example 1.

[0067] (Example 14) This example is the desirable setting-out approach of a certified value or tolerance in a configuration model, it uses the matching result of past multiple

times, uses the die length of each segment, and the average of an inclination as a certified value, and makes tolerance certified value  $**$  (predetermined value  $\times$  standard deviation). Thus, if a certified value and tolerance are set up based on the past matching result, a good configuration model can be set up. About other approaches, it is the same as that of an example 1.

[0068] The object configuration where coarse approximation was performed when this example tends to recognize a configuration with a detailed part after recognizing the overall configuration of an object 1, and performing approximation processing about the whole object 1 configuration, (Example 15) The configuration model showing the whole configuration is collated, a whole configuration is recognized, the object configuration where fine approximation was further performed about the need part, and a partial configuration model are collated, and the detail configuration of a part is recognized.

[0069] For example, approximation coarse about sequence of points S like drawing 30 (a) is performed, and matching processing with the configuration model of an abbreviation M typeface like drawing 30 (b) is performed. Next, as shown in drawing 30 (c), it is the joint p0 of a configuration model. Joint p2 Fine approximation of an object configuration is performed to sequence of points S about between, and the configuration model of a configuration like drawing 30 (d) performs matching processing. By such processing, as shown in drawing 30 (e), recognition of a detailed configuration is attained selectively.

[0070] If such a step-by-step-procedures approach is adopted, about the whole object 1 configuration, as compared with the case where a detailed configuration is recognized, processing cost can be reduced and a detailed configuration can be recognized [ part / need ]. Other approaches are the same as that of an example 1. (Example 16) Although the step-by-step-procedures approach is adopted in the example 15, depending on an object configuration, the procedure of an example 15 may not be employable. Then, it is the joint  $p_i$  of a configuration model among the joints  $B_{pi}$  obtained by carrying out like drawing 31 . About at least one piece to collate, as shown in drawing 32 (a), the point which exists in predetermined within the limits near the joint  $B_{pi}$  in sequence of points S is chosen in order, it considers as the joint candidate  $C_{pi}$ , respectively, and the minimum deformation when employing each joint candidate  $C_{pi}$  as a joint is calculated, respectively. Thus, if the joint candidate  $C_{pi}$  to whom the minimum deformation becomes the smallest is found, as shown in drawing 32 (b), it will adopt as joint  $B_{pi}'$  which replaces the joint candidate  $C_{pi}$  at Joint  $B_{pi}$ , and matching processing with a configuration model will be performed.

[0071] For example, since the joint  $B_{pi}$  obtained by the polygonal-line approximation by the pursuing method like an example 1 tends to shift in the trace direction to a true angle location, the joint  $B_{p1}$  shown in drawing 31 is shifted and located in the trace direction (right) to a true location. Then, deformation  $E_{total}$  when choosing the point

of the predetermined number of the sequence of points S which conclude that it mentioned above from a joint Bp1, and are located in a line with an opposite hand (left-hand side) with the trace direction as a joint candidate Cpi, and collating with a configuration model by setting an object configuration to Bp1-Cpi-Bp3-Bp4-Bp5, once performing matching processing using the joint Bp1 for which it asked It calculates. If there is a joint candidate Cpi who becomes smaller than the case where deformation Etotal chooses a joint Bp1, by this operation, that joint candidate Cpi will be employed as new joint Bpi', and it is deformation Etotal. The joint candidate Cpi who becomes min is employed as joint Bpi'. By such processing, the more exact joint Bpi as a configuration object can be chosen. If this procedure is packed, it will become like drawing 33 . Other procedures are the same as that of an example 1.

[0072] This example is an example of the approach of recognizing each object 1 according to an individual about the case where two or more objects 1 with which configurations differ, respectively exist. (Example 17) Like drawing 34 (b) Even if two or more objects for recognition are intermingled, it enables it to fit the optimal configuration model by preparing two or more kinds of configuration models collated with the object configuration acquired from the object 1, and choosing the configuration model by which deformation serves as min from these configuration models.

[0073] Namely, in drawing 34 (b), A is a lap joint and a configuration model [ as opposed to / B / as opposed to / in a corner joint and C / a butt joint / T jointing in D ], and, as for the sequence of points S shown in drawing 34 (a), matching processing is performed between each configuration model. Here, if the configuration model by which the deformation calculated between four kinds of configuration models and sequence of points S serves as min is chosen, the recognition using the optimal configuration model for recognition will be attained. Here, the class of joint can be distinguished by using the information which configuration model the configuration model of B which is a corner joint was chosen like drawing 34 (c), and was chosen. Therefore, application of corresponding to welding of the joint of two or more classes by one welding robot is possible. About other approaches, it is the same as that of an example 1.

[0074] Since matching processing is performed by calculating deformation about a possible combination which chooses the joint of the same number as a configuration model among object configurations in this invention as mentioned above, for example As shown in drawing 35 , as shown in a case as information with close [ unnecessary to sequence of points S ] is included in the visual field of image pick-up equipment 3, and drawing 36 , the holder H which presses down the plate to weld The hole is open near the weld line, and sequence of points S can recognize a case as the discontinuous part G is formed, can extract the target configuration easily, and it can recognize. Here, about the discontinuous part G by the hole, since it is outside the

section which should recognize a configuration, above-mentioned complement processing is not performed.

[0075] (Example 18) In the example 17, since two or more kinds of configuration models are applied to one object configuration, it has the problem that the processing time becomes long. Then, in this example, priority is set as each configuration model, matching processing with an object configuration is processed sequentially from the high configuration model of priority, and it is the deformation  $E_{total}$  at that time. When you become below the threshold set up beforehand, let selection of a configuration model be the configuration model which collates a cancel and the configuration model at that time with an object configuration.

[0076] For example, if the frequency of occurrence of four configuration models shown in drawing 34 considers as a thing high in order of A, B, C, and D, as it collates with the object configuration which shows each configuration model to drawing 34 (a) in this order and is shown in drawing 37, the threshold is set up about deformation in the case of collating, and the minimum deformation and the threshold which were obtained for every configuration model are compared. If the minimum deformation becomes below a threshold, even if it will perform matching processing by using the configuration model at that time as the optimal configuration model and will compare about all configuration models by the comparison result, when the minimum deformation does not become below a threshold, the configuration model chosen at the end is adopted.

[0077] In the example of drawing 34, since the minimum deformation becomes min when the configuration model of B is adopted, if the threshold is set up with a little larger value than the expected value of the minimum deformation to the configuration model of B, the configuration model of B can be adopted, without choosing other configuration models. In this case, while not performing matching processing about the configuration model of C and D, it is not necessary to calculate the minimum deformation, and the processing time will be shortened.

[0078] The approach of this example is effective especially when a clear difference is in a configuration model. Moreover, it is a case so that the sequential input of the object configuration may be carried out serially, and if the priority of a configuration model is determined in consideration of the past collating result when a bias is in the probability of occurrence of the object configuration corresponding to the various kinds of a configuration model, the count which chooses each configuration model can be decreased and it will lead to compaction of the processing time. Other procedures are the same as that of an example 1.

[0079] (Example 19) In each example mentioned above, although collating with the object configuration and configuration model in a two-dimensional flat surface is performed, in this example, the example extended so that collating with the object configuration and configuration model in three-dimension space might be performed is

shown. Namely, as the escape to three-dimension space is performed and this example shows to drawing 38 by increasing the class of characteristic quantity which should be collated fundamentally Inclination  $\theta_k$  to the Y-axis when projecting each segment  $s_k$  ( $k=0-2$ ) which sets up one datum level (drawing XY flat surface) R in three-dimension space, and connects during Joint  $p_k$  ( $k=0-3$ ) on datum level R ( $k=0-2$ ), Each segment  $s_k$  Inclination  $\phi_k$  ( $k=0-2$ ) to datum level R, and each segment  $s_k$  Die length  $l_k$  ( $k=0-2$ ) is used as characteristic quantity. moreover, the characteristic quantity in a two-dimensional flat surface -- the same -- each characteristic quantity -- tolerance  $[l_{\min k}, l_{\max k}]$ ,  $[\theta_{\min k}, \theta_{\max k}]$ ,  $[\phi_{\min k}, \phi_{\max k}]$ , a certified value  $l_{stk}$  and  $\theta_{stak}$ , and  $\phi_{stk}$  It is set up. A certified value  $l_{stk}$ ,  $\theta_{stak}$ , and  $\phi_{stk}$  It cannot be overemphasized that it has the following relation.  $l_{\min k} < l_{stk} < l_{\max k}$   $\theta_{\min k} < \theta_{stak} < \theta_{\max k}$   $\phi_{\min k} < \phi_{stk} < \phi_{\max k}$  -- by increasing the class of characteristic quantity as mentioned above, collating with an object configuration and a configuration model is attained also about the sequence of points S which exist in three-dimension space. In here, although an optical cutting method like an example 1 is used as an approach of acquiring three-dimension information about sequence of points S, the stereo vision which acquires three-dimension information based on the parallax of each image pick-up equipment 3 using others and two or more image pick-up equipments 3 is employable. When the sequence of points S as shown in drawing 39 (a) about the rectangular parallelepiped-like object 1 or the cylinder-like object 1 are obtained by enabling collating in such three-dimension space, it becomes possible to recognize the corner of the rectangular parallelepiped-like object 1. That is, it is a joint  $p_0$  about one corner of the rectangular parallelepiped-like object 1 as a configuration model like drawing 39 (b). It carries out. It is the corner of three \*\*\*\*\* to this corner Joint  $p_1 - p_3$  It carries out and is a joint  $p_0$ . Other joint  $p_1 - p_3$  They are three segments to connect Stroke  $s_1 - s_3$  By carrying out, it is a joint  $p_0$ . It becomes possible to recognize the corresponding corner.

[0080] even if it is the case where collating in three-dimension space is performed like this example -- an example 3 -- the same -- a partial ellipse -- stroke  $s_k$  Using is possible. \*\*\*\*\* -- stroke  $s_k$  die length  $l_k$  -- whenever [ \*\*\*\*\* and / flat ] -- using -- \*\*\*\*\*ing -- stroke  $s_k$  Inclination  $\theta_k$  when projecting on datum level R And stroke  $s_k$  Inclination  $\phi_k$  to datum level R \*\*\*\*\* -- What is necessary is just to use the inclination when projecting a major axis thru/or a minor axis on datum level R, and the inclination to the datum level R of a major axis thru/or a minor axis. About other procedures, it is the same as that of an example 1.

[0081] (Example 20) Although the coordinate within the image of an object configuration and a configuration model assumed that it was mostly in agreement in each example mentioned above, depending on the location of an object 1, an object configuration will carry out a parallel displacement and a rotation to a configuration

model. In the case of a parallel displacement, it is Stroke  $sk$ . Die length  $lk$  and stroke  $sk$  Inclination  $\theta_{tak}$  Although it is possible to collate an object configuration with a configuration model only by coordinate transformation since it does not change, since the rotation of the datum line cannot be specified in a rotation, it is Stroke  $sk$ . Inclination  $\theta_{tak}$  It cannot ask. That is, if the object configuration is rotating to a configuration model, even if it uses the characteristic quantity mentioned above, an object configuration and a configuration model can be collated.

[0082] It is inclination  $\theta_{tak}$  as it is shown in drawing 40 by this example, in order to solve such a problem. It replaces with and is the stroke  $sk$  of a **\*\*\*\*\*** couple. Include-angle  $\psi_{ik}$  ( $k=0-3$ ) to insert is used for characteristic quantity. This include-angle  $\psi_{ik}$  Since it does not change even if an object configuration rotates, collating with a configuration model is attained also about the rotated object configuration. About characteristic quantity, they are tolerance  $[l_{mink}, l_{maxk}]$ ,  $[\psi_{simink}, \psi_{simaxk}]$ , and a certified value  $l_{stk}$  and  $\psi_{sistk}$  here. It is set up. Moreover, a certified value  $l_{stk}$  and  $\psi_{sistk}$  It has the following relation.

$l_{mink} < l_{stk} < l_{maxk}$   $\psi_{simink} < \psi_{stk} < \psi_{simaxk}$  -- above -- stroke  $sk$  Die length  $lk$  Include-angle  $\psi_{ik}$  as relative physical relationship The datum line becomes unnecessary by using as characteristic quantity, and constraint by the directivity of an object configuration is removed. That is, like drawing 41 , even if the object configuration is rotating to a configuration model, collating becomes possible. It sets here and is include-angle  $\psi_{ik}$ . Stroke  $sk$  of a couple Inclination  $\theta_{tak}$  You may make it ask as a difference. namely, the stroke  $si$  of a couple and  $sj$  about -- include-angle  $\psi_{ik}$  It is good also as  $\psi_{ik} = |\theta_{tai} - \theta_{taj}|$ . in this case, inclination  $\theta_{tak}$  how to take -- directivity -- being required -- for example, each stroke  $sk$  **\*\*\*\*\*** -- inclination  $\theta_{tak}$  the time of asking -- joint  $p_k$  right-hand side -- the datum line and parallel lines -- taking -- these parallel lines to right-handed rotation -- inclination  $\theta_{tak}$  take **\*\*\*\*** -- these parallel lines to right-handed rotation -- inclination  $\theta_{tak}$  Forward and in the counterclockwise direction, it is necessary to give a sign so that it may consider as negative.

[0083] Application also to collating in three-dimension space like an example 19 is possible for the technical thought of this example. The configuration model in this example it is shown in drawing 42 -- as -- each stroke  $sk$  Inclination  $\theta_{tak}$  to Y shaft orientations of the straight line projected on datum level (XY flat surface) R Not but a joint  $p_0$  -- inserting -- include-angle  $\psi_{ik}$  between the straight lines of a **\*\*\*\*\*** couple expressing -- moreover, each stroke  $sk$  **\*\*\*\*\*** -- inclination  $\phi_{ik}$  to datum level R Not but, a pair each of strokes  $sk$  Inclination  $\phi_{ik}$  Difference  $\delta_{tak}$  It is made to have expressed. Namely, two strokes  $si$  and  $sj$  Inclination  $\phi_{ii}$  and  $\phi_{ij}$  Difference  $\delta_{tak}$   $\delta_{tak} = \phi_{ii}$  and  $\phi_{ij}$  It can ask by carrying out. However, difference  $\delta_{tak}$  It hits asking and is Stroke  $sk$ . It is inclination  $\phi_{ik}$  when it is in a negative side to datum level R. Minus sign is given. For example, at the example shown in drawing 42 , it is the .

joint p0. Joint p3 Stroke s3 to tie Since it is located in a negative side to datum level R, it is an inclination phi 3. It becomes minus sign. Stroke s1 located in a forward side to datum level R Inclination phi 1 Difference delta 3 If it asks, it will become  $\Delta 3 = |\phi 3 - \phi 1| = \phi 1 + |\phi 3|$ .

[0084] They are tolerance [lmink, lmaxk], [psimink, psimaxk], [deltamink, deltamaxk], a certified value lstk and psistk, and deltastk like [ characteristic quantity / each ] other examples. It is set up and they are a certified value lstk, psistk, and deltastk. It has the following relation.

About a procedure besides  $lmink < lstk < lmaxk$ ,  $psimink < psi\_stk < psimaxk$ ,  $deltamink < delta\_stk < deltamaxk$ , it is the same as that of an example 1. In addition, since the approach of this example cannot be adopted when it needs to be detected that the object configuration rotated (when a revolution needs to be detected as a defect thru/or abnormalities etc.), in such a case, the procedure of this example is inclination thetak and phik. It is required to use the used configuration model. However, inclination thetak and phik Difference psik and deltak If it is made to use, they will be inclination thetak and phik. Difference psik and deltak It becomes possible to have both as data, and it becomes possible to choose data according to the necessity of detection of a rotation, and to perform collating with an object configuration and a configuration model.

[0085]

[Effect of the Invention] As mentioned above, an object configuration is expressed with the sequence of points on a two-dimensional flat surface, and, as for this invention, the configuration model is expressed as a group of the joint of a finite individual, and a stroke. Since the tolerance which connotes a certified value and a certified value about the characteristic quantity of each stroke is set up and extent of coincidence with a configuration model is evaluated based on a difference with a certified value, and relation with tolerance about an object configuration In the set-up tolerance, if it judges that extent of coincidence is high, even if it changes the characteristic quantity of an object configuration somewhat, there is an advantage that a part for this fluctuation is absorbable.

[0086] Invention of claim 4 is the escape into the case where it is the configuration as which an object configuration is expressed in the sequence of points of three-dimension space, and can be treated like the case of the two-dimensional flat surface in claim 1. In invention of claim 2 or claim 5, a joint and a stroke can express a configuration model, and collating which does not include a rotation can be performed by using an inclination as characteristic quantity about each stroke by it. Moreover, it becomes possible like invention of claim 3 or claim 6 to collate also about an object configuration including a rotation by using the include angle between each stroke for characteristic quantity.

[0087] Since invention of claim 7 or claim 8 uses for assessment of coincidence

extent of an object configuration and a configuration model the deformation which considered an exceeded part to tolerance, and the insufficiency about characteristic quantity, it is effective in the ability to evaluate the difference over the configuration model of an object configuration not as binary decision, such as adaptation and nonconformance, but as continuous deformation. And since it totals by the whole configuration model about characteristic quantity, the effectiveness that the difference in in the configuration and configuration model which are formed by the joint chosen from the object configuration can be evaluated on the whole is done so.

[0088] Moreover, since this potential deformation component is considered as a component of deformation by using the average of the minimum distance of all the points on an object configuration, and a configuration graphic form as a potential deformation component, even if the configuration model has tolerance, there is an advantage that a high recognition precision is acquired. If an approach like claim 9, claim 10, claim 11, claim 16, claim 17, claim 18, and claim 19 is adopted, unnecessary count can be excepted and there is an advantage that the efficiency of matching processing is increased.

[0089] If the approach of claim 12 and claim 13 is used, when fewer than the number of the joint of the configuration model which the joint chosen from the object configuration tends to collate, there is an advantage that a joint can be extracted from an object configuration so that collating with a configuration model may be attained. If the approach of claim 14 and claim 15 is used, it can process, even if the discontinuous part is contained in the object configuration.

[0090] According to the approach of claim 14, since detailed shape recognition can be performed using the result after dividing the process of shape recognition into two or more steps and performing coarse shape recognition first, it is effective in the ability to raise the precision of shape recognition. According to the approach of claim 23 and claim 24, there is an advantage that coincidence extent of an object configuration and a configuration model can be evaluated.

[0091] By the approach of claim 25 and claim 26, there is an advantage of becoming possible to identify two or more kinds of object configurations.

---

## DESCRIPTION OF DRAWINGS

---

[Brief Description of the Drawings]

[Drawing 1] It is the explanatory view of an example 1 of operation.

[Drawing 2] It is drawing explaining the concept of deformation that it can set, example 1.

[Drawing 3] It is the explanatory view showing the example of the matching processing

in an example 1.

[Drawing 4] It is the explanatory view of operation showing the matching processing in an example 1.

[Drawing 5] It is the outline block diagram of the equipment used for an example.

[Drawing 6] It is drawing showing the process in which sequence of points are obtained with the equipment shown in drawing 5 .

[Drawing 7] It is drawing showing the concept of polygonal-line approximation processing of an example 1.

[Drawing 8] It is drawing showing the example of the sequence of points of an example 1.

[Drawing 9] It is drawing showing the example of the configuration model of an example 1.

[Drawing 10] It is drawing explaining the concept of the Hough conversion of using in the example 2.

[Drawing 11] It is drawing showing the example of the configuration model of an example 3.

[Drawing 12] It is drawing explaining complement processing of the sequence of points in an example 4.

[Drawing 13] It is drawing showing the concept of the processing process of an example 5.

[Drawing 14] It is the explanatory view of operation showing the processing process of an example 5.

[Drawing 15] It is drawing showing the concept of the processing process of an example 6.

[Drawing 16] It is the explanatory view of operation showing the processing process of an example 6.

[Drawing 17] It is drawing showing the configuration model used for an example 7.

[Drawing 18] It is drawing showing the example of application of an example 7.

[Drawing 19] It is drawing explaining the concept of the deformation of an example 8.

[Drawing 20] It is the perspective view showing the example of application of an example 9.

[Drawing 21] It is drawing explaining the concept of the processing process of an example 9.

[Drawing 22] It is the explanatory view of an example 9 of operation.

[Drawing 23] It is the explanatory view of operation showing the processing process of an example 10.

[Drawing 24] It is drawing explaining the concept of the processing result in an example 11.

[Drawing 25] It is drawing showing the concept of the processing process of an example 11.

[Drawing 26] It is the explanatory view of operation showing the processing process of the whole example 11.

[Drawing 27] It is the explanatory view of operation showing the processing process of the important section of an example 11.

[Drawing 28] It is the explanatory view of operation showing the processing process of the important section of an example 11.

[Drawing 29] It is the explanatory view of an example 13 of operation.

[Drawing 30] It is the explanatory view of an example 15 of operation.

[Drawing 31] It is drawing showing the concept of the processing process of an example 16.

[Drawing 32] It is drawing showing the concept of the processing process of an example 16.

[Drawing 33] It is the explanatory view of operation showing the processing process of an example 16.

[Drawing 34] It is the explanatory view of an example 17 of operation.

[Drawing 35] It is drawing showing the example of application of an example 17.

[Drawing 36] It is drawing showing the example of application of an example 17.

[Drawing 37] It is the explanatory view of operation showing the processing process of an example 18.

[Drawing 38] It is drawing showing the example of the configuration model of an example 19.

[Drawing 39] It is drawing showing the concept of the processing process of an example 19.

[Drawing 40] It is drawing showing the example of the configuration model of an example 20.

[Drawing 41] It is drawing showing the concept of the processing process of an example 20.

[Drawing 42] It is drawing showing the example of other configuration models of an example 20.

[Description of Notations]

1 Object

2 Light Source

3 Image Pick-up Equipment

11 Frame Memory

12 Binary-ized Processing Section

13 Noise Rejection Processing Section

14 Core-Wire Extract Section

15 Sequence-of-Points Generation Section

(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号

特開平7-93541

(43) 公開日 平成7年(1995)4月7日

(51) Int.Cl.<sup>6</sup>

G 0 6 T 7/00

識別記号

庁内整理番号

9061-5L

F I

G 0 6 F 15/ 70

技術表示箇所

4 6 0 E

審査請求 未請求 請求項の数26 O L (全 28 頁)

(21) 出願番号 特願平6-6842

(22) 出願日 平成6年(1994)1月26日

(31) 優先権主張番号 特願平5-124508

(32) 優先日 平5(1993)5月26日

(33) 優先権主張国 日本(J P)

(71) 出願人 000005832

松下電工株式会社

大阪府門真市大字門真1048番地

(72) 発明者 三高 良介

大阪府門真市大字門真1048番地松下電工株式会社内

(72) 発明者 藤原 祥雅

大阪府門真市大字門真1048番地松下電工株式会社内

(72) 発明者 池淵 博之

大阪府門真市大字門真1048番地松下電工株式会社内

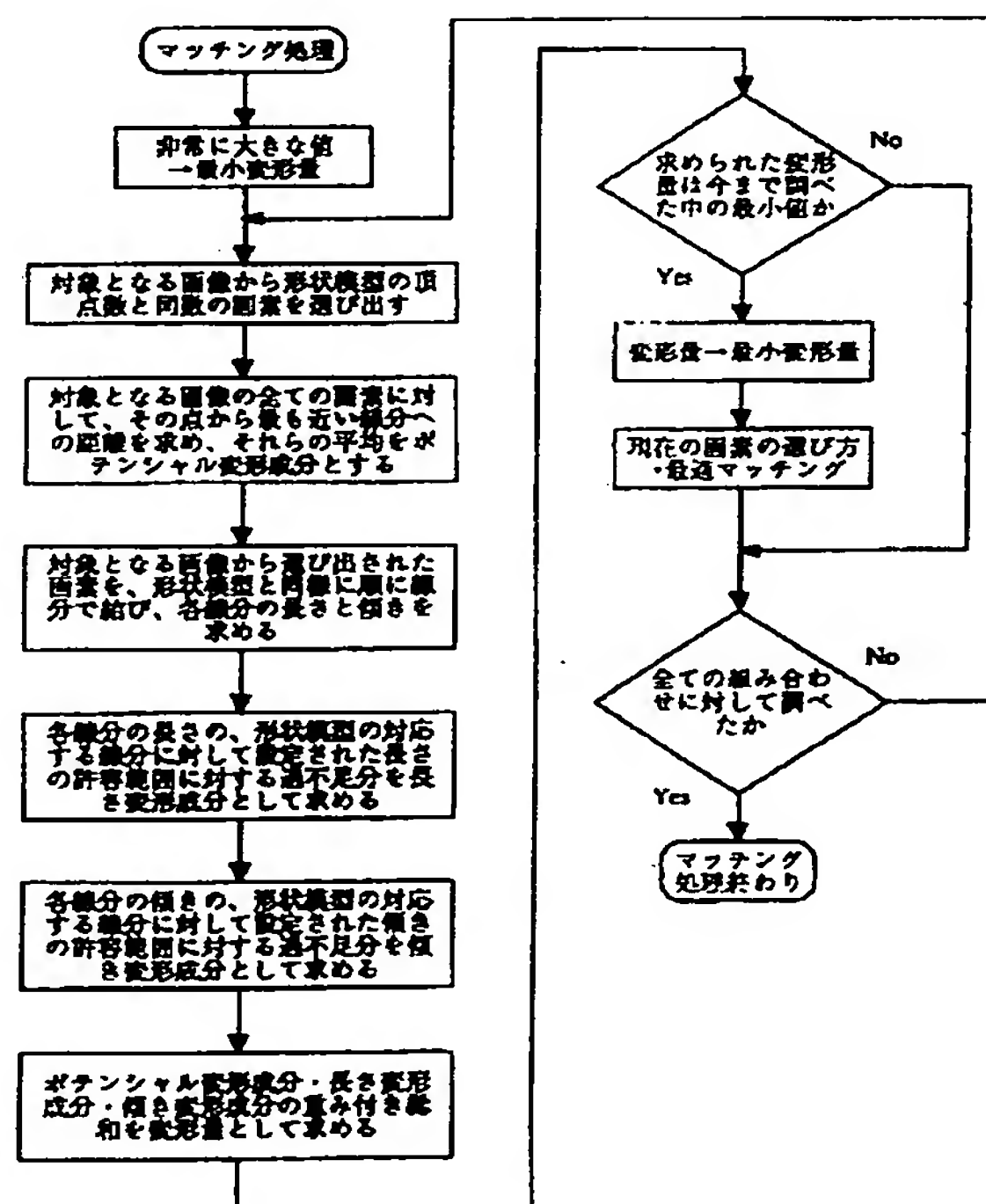
(74) 代理人 弁理士 石田 長七 (外2名)

(54) 【発明の名称】 形状認識方法

(57) 【要約】

【目的】 対象形状の形状の変動が比較的大きい場合であっても、形状模型を変更することなく照合することができる形状認識方法を提供する。

【構成】 対象形状は2次元平面上の点列で表される。また、対象形状と照合される形状模型は有限個の節点と線素との組として幾何的形状で表される。形状模型の各線素は、長さや傾きである特徴量について標準値と標準値を内包する許容範囲とが設定される。対象形状と形状模型との照合の際には、対象形状に関して標準値との差および許容範囲との関係に基づいて形状模型との一致の程度を評価する。



## 【特許請求の範囲】

【請求項 1】 2 次元平面上の点列で表された対象形状を、幾何的な形状模型と照合することによって認識する形状認識方法において、形状模型を有限個の節点と節点間を順に結ぶ線素との組として表すとともに、各線素の

【請求項 2】 上記線素は線分または部分楕円であって、線素を線分とするときは、線分の長さ

【請求項 3】 上記線素は線分または部分楕円であって、節点を挟んで隣接する線素がともに線分であるときは、各線分の長さ

【請求項 4】 3 次元空間内の点列で表された対象形状を、幾何的な形状模型と照合することによって認識する形状認識方法において、形状模型を有限個の節点と節点間を順に結ぶ線素との組として表すとともに、各線素の

【請求項 5】 上記線素は線分または部分楕円であって、線素を線分とするときは、線分の長さ

【請求項 6】 上記線素は線分または長軸と短軸との各一端を節点とする部分楕円であって、節点を挟んで隣接する線素がともに線分であるときは、各線分の長さ

線路の一方が線分で他方が部分楕円であるときは、線分の長さならびに楕円の長径ならびに楕円の偏平度と線分に楕円の長径方向または短径方向が交差する角度との少なくとも一方を特徴量とすることを特徴とする請求項 4 記載の形状認識方法。

【請求項 7】 対象形状から形状模型の節点と同数の節点を選択するすべての組み合わせについて選択した節点の間を線素により結び、対象形状の上のすべての点と形状模型との距離の平均値をポテンシャル変形成分とし、線素の特徴量について許容範囲に対する超過分あるいは不足分の総和を特徴変形成分とし、ポテンシャル変形成分と特徴変形成分との重み付き総和を変形量として求め、変形量が最小になるように選択した節点を形状模型に一致する節点とすることを特徴とする請求項 1 記載の形状認識方法。

【請求項 8】 対象形状から形状模型の節点と同数の節点を選択するすべての組み合わせについて選択した節点の間を線素により結び、対象形状の上のすべての点と形状模型との距離の平均値をポテンシャル変形成分とし、線素の特徴量について許容範囲に対する超過分あるいは不足分に第 1 の比例定数を乗じた値と許容範囲内での標準値との差に第 2 の比例定数を乗じた値との総和を特徴変形成分とし、第 1 の比例定数を第 2 の比例定数よりも大きく設定し、ポテンシャル変形成分と特徴変形成分との重み付き総和を変形量として求め、変形量が最小になるように選択した節点を形状模型に一致する節点とすることを特徴とする請求項 1 記載の形状認識方法。

【請求項 9】 対象形状の点列に対して折れ線近似を施した後に、折れ線の屈曲点を節点として形状模型と照合することを特徴とする請求項 7 または請求項 8 記載の形状認識方法。

【請求項 10】 対象形状の点列に対して折れ線近似を施した後に、折れ線の屈曲点を節点として形状模型と照合し、照合に用いた対象形状の節点のうちの少なくとも一つの節点について、その節点に対応する対象形状の節点の近傍の既定範囲内における対象形状の他の点を節点候補とし、変形量が最小になる節点候補を元の節点に代えて対象形状の節点として採用することを特徴とする請求項 7 または請求項 8 記載の形状認識方法。

【請求項 11】 対象形状の点列に対してハフ変換を施して求めた各点に対応するハフ曲線を用いて点列に当てはめる線分を抽出し、得られた線分の交点および点列の端点を節点として形状模型と照合することを特徴とする請求項 7 または請求項 8 記載の形状認識方法。

【請求項 12】 対象形状の点列に対して折れ線近似を施した後に、折れ線の屈曲点を節点として抽出したときに、節点の個数が形状模型における節点の個数より少なければ、隣接する各一对の節点の間の点列のうち両節点を結ぶ線分との距離が最大になる点を節点候補として抽出し、抽出された節点候補を上記距離の大きいほうか

ら順に形状模型の節点と対象形状の節点との差の個数だけ選択して対象形状の節点に加えることを特徴とする請求項 1 記載の形状認識方法。

【請求項 1 3】 対象形状の点列に対してハフ変換を施して求めた各点に対応するハフ曲線を用いて点列に当てはめる線分を抽出し、得られた線分の交点および点列の端点を節点として抽出したときに、節点の個数が形状模型における節点の個数よりも少なければ、隣接する各一对の節点の間の点列のうち両節点を結ぶ線分との距離が最大になる点を節点候補として抽出し、抽出された節点候補を上記距離の大きいほうから順に形状模型の節点と対象形状の節点との差の個数だけ選択して対象形状の節点に加えることを特徴とする請求項 1 記載の形状認識方法。

【請求項 1 4】 対象形状の点列に対して欠落部分を補完した後に形状模型と照合することを特徴とする請求項 7 または請求項 8 記載の形状認識方法。

【請求項 1 5】 対象形状に対して複数の形状模型を部分ごとにブロック化して設定し、各形状模型の端点の間の結ぶ線分について特徴量の許容範囲を設定し、この線分については特徴変形成分のみを用いて変形量を求めることを特徴とする請求項 7 または請求項 8 記載の形状認識方法。

【請求項 1 6】 形状認識を繰り返して行なうにあたって、過去の照合結果に基づいて形状模型の特徴量の許容範囲を自動的に変更することを特徴とする請求項 7 または請求項 8 記載の形状認識方法。

【請求項 1 7】 対象形状と形状模型との照合を動的計画法によって行なうことを特徴とする請求項 7 または請求項 8 記載の形状認識方法。

【請求項 1 8】 上記変形量についてしきい値を設定し、対象形状から節点を選択する際に変形量を計算する過程で変形量がしきい値を超えると、その変形量の計算を打ち切って次の選択について変形量を計算することを特徴とする請求項 7 または請求項 8 記載の形状認識方法。

【請求項 1 9】 変形量の計算過程でその計算過程での過去の最小の変形量をしきい値として用いることを特徴とする請求項 1 8 記載の形状認識方法。

【請求項 2 0】 形状模型の少なくとも 1 つの節点に関する知識を用いて対象形状の点列から節点を選択することを特徴とする請求項 7 または請求項 8 記載の形状認識方法。

【請求項 2 1】 形状模型の特徴量に制限範囲を設定し、対象形状から節点を選択する際に変形量を計算する過程で特徴量が制限範囲外になると、その変形量の計算を打ち切って次の選択について変形量を計算することを特徴とする請求項 7 または請求項 8 記載の形状認識方法。

【請求項 2 2】 対象形状の全体形状について形状模型

との照合を行なった後に、対象形状のうちの所要の部分形状について形状模型との照合を行なうことを特徴とする請求項 7 または請求項 8 記載の形状認識方法。

【請求項 2 3】 変形量の最小値に対するしきい値を設定し、変形量の最小値がしきい値よりも大きいときに、形状模型に対する対象形状の一致の程度が低いと判定することを特徴とする請求項 7 または請求項 8 記載の形状認識方法。

【請求項 2 4】 対象形状の節点のうち少なくとも 2 点の位置関係をあらかじめ設定された評価基準と比較することによって、対象形状の形状模型に対する一致度を判定することを特徴とする請求項 7 または請求項 8 記載の形状認識方法。

【請求項 2 5】 互いに形状の異なる複数種類の形状模型を設定し、各形状模型を対象形状と照合し、各形状模型のうちで変形量が最小になる形状模型を対象形状に一致する形状模型として選択することを特徴とする請求項 7 または請求項 8 記載の形状認識方法。

【請求項 2 6】 互いに形状の異なる複数種類の形状模型を設定し、各形状模型をあらかじめ設定された順序で対象形状と照合し、各形状模型のうちで変形量があらかじめ設定されたしきい値以下になった最初の形状模型を対象形状に一致する形状模型として選択することを特徴とする請求項 7 または請求項 8 記載の形状認識方法。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【産業上の利用分野】本発明は、2次元平面に配列された点列によって表された対象形状を、基準となる形状模型との照合によって認識する形状認識方法に関するものである。

【0002】

【従来の技術】一般に、一組の鉄板のような板材を溶接して角継手を形成する際には、両板材の間に形成される段差や隙間を計測することが必要であり、このような寸法や位置の計測に、光切断法を利用した画像処理を利用することが提案されている。光切断法をこのような目的に利用するには、光切断法で得た対象物の表面の断面形状を表す線画図形を認識することが必要である。

【0003】線画図形の形状を認識する方法としては、特開平 1 - 1 6 1 4 8 7 号公報に記載された発明のように、線分の結合として表された線画図形について 2次元平面内での線分の位置、長さ、基準線に対する傾き、線分同士の平行度等を記述した基準となる形状模型を用いて、線図形である対象形状から抽出した線分の特徴量と、形状模型に記述された線分の特徴量とを線分ごとに比較し、適合する線分を逐次検出するパターンマッチングによる方法が提案されている。

【0004】この方法での線分同士の照合は、特徴量の差が設定された許容範囲内か否かを判定する 2 値的な判断によって行なわれている。このような照合方法では、

認識精度を確保しようとするれば、許容範囲をできるだけ小さく設定することが必要であって、対象形状の特徴量のばらつきが比較的大きいような場合には、適用するのが難しいという問題がある。

【0005】このような問題を解決する方法としては、対象形状と形状模型との照合を繰り返しながら形状模型を拡大・縮小し、対象形状が形状模型に適合するか否かを判断する方法が提案されている（特開平3-172978号公報）。

【0006】

【発明が解決しようとする課題】しかしながら、形状模型を拡大・縮小しながら対象形状との照合を行なう上記方法では、時間の経過とともに対象形状が次々に入力される光切断法において、対象形状の特徴量のばらつきが大ききときには、各対象形状と形状模型との照合回数が多くなり、結果的に処理時間の増大につながるという問題がある。また、このような方法では、対象形状の特徴量が部分的に変動するような場合には適用できないという問題もある。

【0007】本発明は上記問題点の解決を目的とするものであり、時間の経過とともに対象形状が次々に入力され、かつ各対象形状の形状の変動が大きい場合であっても、形状模型を変更することなく照合することができるようにした形状認識方法を提供しようとするものである。

【0008】

【課題を解決するための手段】請求項1の発明は、上記目的を達成するために、2次元平面上の点列で表された対象形状を、幾何的な形状模型と照合することによって認識する形状認識方法において、形状模型を有限個の節点と節点間を順に結ぶ線素との組として表すとともに、各線素の特徴量について標準値と標準値を内包する許容範囲とを設定し、対象形状の点列に関する標準値との差および許容範囲との関係に基づいて対象形状の形状模型に対する一致の程度を評価することを特徴とする。

【0009】請求項2の発明は、請求項1の発明において、上記線素は線分または部分楕円であって、線素を線分とするときは、線分の長さとは既定の基準線に対する線分の傾きとの少なくとも一方を特徴量とし、線素を部分楕円とするときは、楕円の長径ならびに偏平度と上記基準線に対する長径方向の傾きとの少なくとも一方を特徴量とすることを特徴とする。

【0010】請求項3の発明は、請求項1の発明において、上記線素は線分または部分楕円であって、節点を挟んで隣接する線素がともに線分であるときは、各線分の長さとは線分同士が交差する角度との少なくとも一方を特徴量とし、節点を挟んで隣接する線素がともに部分楕円であるときは、各楕円の長径ならびに各楕円の偏平度と両楕円の長径方向の交差する角度との少なくとも一方を特徴量とし、節点を挟んで隣接する線路の一方が線分で

他方が部分楕円であるときは、線分の長さならびに楕円の長径ならびに楕円の偏平度と線分に楕円の長径方向が交差する角度との少なくとも一方を特徴量とすることを特徴とする。

【0011】請求項4の発明は、3次元空間内の点列で表された対象形状を、幾何的な形状模型と照合することによって認識する形状認識方法において、形状模型を有限個の節点と節点間を順に結ぶ線素との組として表すとともに、各線素の特徴量について標準値と標準値を内包する許容範囲とを設定し、対象形状に関して標準値との差および許容範囲との関係に基づいて形状模型との一致の程度を評価することを特徴とする。

【0012】請求項5の発明は、請求項4の発明において、上記線素は線分または部分楕円であって、線素を線分とするときは、線分の長さとは既定の基準面に対する線分の傾きとの少なくとも一方を特徴量とし、線素を部分楕円とするときは、楕円の長径ならびに偏平度と上記基準面に対する長径方向ならびに短径方向の傾きとの少なくとも一方を特徴量とすることを特徴とする。

【0013】請求項6の発明は、請求項4の発明において、上記線素は線分または長軸と短軸との各一端を節点とする部分楕円であって、節点を挟んで隣接する線素がともに線分であるときは、各線分の長さとは線分同士が交差する角度との少なくとも一方を特徴量とし、節点を挟んで隣接する線素がともに部分楕円であるときは、各楕円の長径ならびに各楕円の偏平度と両楕円の長径方向同士ならびに短径方向同士の交差する角度との少なくとも一つを特徴量とし、節点を挟んで隣接する線路の一方が線分で他方が部分楕円であるときは、線分の長さならびに楕円の長径ならびに楕円の偏平度と線分に楕円の長径方向または短径方向が交差する角度との少なくとも一方を特徴量とすることを特徴とする。

【0014】請求項7の発明は、請求項1の発明において、対象形状から形状模型の節点と同数の節点を選択するすべての組み合わせについて選択した節点の間を線素により結び、対象形状の上のすべての点と形状模型との距離の平均値をポテンシャル変形成分とし、線素の特徴量について許容範囲に対する超過分あるいは不足分の総和を特徴変形成分とし、ポテンシャル変形成分と特徴変形成分との重み付き総和を変形量として求め、変形量が最小になるように選択した節点を形状模型に一致する節点とすることを特徴とする。

【0015】請求項8の発明は、請求項1の発明において、対象形状から形状模型の節点と同数の節点を選択するすべての組み合わせについて選択した節点の間を線素により結び、対象形状の上のすべての点と形状模型との距離の平均値をポテンシャル変形成分とし、線素の特徴量について許容範囲に対する超過分あるいは不足分に第1の比例定数を乗じた値と許容範囲内での標準値との差に第2の比例定数を乗じた値との総和を特徴変形成分と

し、第 1 の比例定数を第 2 の比例定数よりも大きく設定し、ポテンシャル変形成分と特徴変形成分との重み付き総和を変形量として求め、変形量が最小になるように選択した節点を形状模型に一致する節点とすることを特徴とする。

【0016】請求項 9 の発明は、請求項 7 または請求項 8 の発明において、対象形状の点列に対して折れ線近似を施した後に、折れ線の屈曲点を節点として形状模型と照合することを特徴とする。請求項 10 の発明は、請求項 7 または請求項 8 の発明において、対象形状の点列に対して折れ線近似を施した後に、折れ線の屈曲点を節点として形状模型と照合し、照合に用いた対象形状の節点のうち少なくとも一つの節点について、その節点に対応する対象形状の節点の近傍の既定範囲内における対象形状の他の点を節点候補とし、変形量が最小になる節点候補を元の節点に代えて対象形状の節点として採用することを特徴とする。

【0017】請求項 11 の発明は、請求項 7 または請求項 8 の発明において、対象形状の点列に対してハフ変換を施して求めた各点に対応するハフ曲線を用いて点列に当てはめる線分を抽出し、得られた線分の交点および点列の端点を節点として形状模型と照合することを特徴とする。請求項 12 の発明は、請求項 1 の発明において、対象形状の点列に対して折れ線近似を施した後に、折れ線の屈曲点を節点として抽出したときに、節点の個数が形状模型における節点の個数よりも少なければ、隣接する各一对の節点の間の点列のうち両節点を結ぶ線分との距離が最大になる点を節点候補として抽出し、抽出された節点候補を上記距離の大きいほうから順に形状模型の節点と対象形状の節点との差の個数だけ選択して対象形状の節点に加えることを特徴とする。

【0018】請求項 13 の発明は、請求項 1 の発明において、対象形状の点列に対してハフ変換を施して求めた各点に対応するハフ曲線を用いて点列に当てはめる線分を抽出し、得られた線分の交点および点列の端点を節点として抽出したときに、節点の個数が形状模型における節点の個数よりも少なければ、隣接する各一对の節点の間の点列のうち両節点を結ぶ線分との距離が最大になる点を節点候補として抽出し、抽出された節点候補を上記距離の大きいほうから順に形状模型の節点と対象形状の節点との差の個数だけ選択して対象形状の節点に加えることを特徴とする。

【0019】請求項 14 の発明は、請求項 7 または請求項 8 の発明において、対象形状の点列に対して欠落部分を補完した後に形状模型と照合することを特徴とする。請求項 15 の発明は、請求項 7 または請求項 8 の発明において、対象形状に対して複数の形状模型を部分ごとにブロック化して設定し、各形状模型の端点の間を結ぶ線分について特徴量の許容範囲を設定し、この線分については特徴変形成分のみを用いて変形量を求めることを

特徴とする。

【0020】請求項 16 の発明は、請求項 7 または請求項 8 の発明において、形状認識を繰り返して行なうにあたって、過去の照合結果に基づいて形状模型の特徴量の許容範囲を自動的に変更することを特徴とする。請求項 17 の発明は、請求項 16 の発明において、対象形状と形状模型との照合を動的計画法によって行なうことを特徴とする請求項 7 または請求項 8 記載の形状認識方法。

【0021】請求項 18 の発明は、請求項 7 または請求項 8 の発明において、上記変形量についてしきい値を設定し、対象形状から節点を選択する際に変形量を計算する過程で変形量がしきい値を超えると、その変形量の計算を打ち切って次の選択について変形量を計算することを特徴とする。請求項 19 の発明は、請求項 18 の発明において、変形量の計算過程でその計算過程での過去の最小の変形量をしきい値として用いることを特徴とする。

【0022】請求項 20 の発明は、請求項 7 または請求項 8 の発明において、形状模型の少なくとも 1 つの節点に関する知識を用いて対象形状の点列から節点を選択することを特徴とする。請求項 21 の発明は、請求項 7 または請求項 8 の発明において、形状模型の特徴量に制限範囲を設定し、対象形状から節点を選択する際に変形量を計算する過程で特徴量が制限範囲外になると、その変形量の計算を打ち切って次の選択について変形量を計算することを特徴とする。

【0023】請求項 22 の発明は、請求項 7 または請求項 8 の発明において、対象形状の全体形状について形状模型との照合を行なった後に、対象形状のうちの所要の部分形状について形状模型との照合を行なうことを特徴とする。請求項 23 の発明は、請求項 7 または請求項 8 の発明において、変形量の最小値に対するしきい値を設定し、変形量の最小値がしきい値よりも大きいときに、形状模型に対する対象形状の一致の程度が低いと判定することを特徴とする。

【0024】請求項 24 の発明は、請求項 7 または請求項 8 の発明において、対象形状の節点のうち少なくとも 2 点の位置関係をあらかじめ設定された評価基準と比較することによって、対象形状の形状模型に対する一致度を判定することを特徴とする。請求項 25 の発明は、請求項 7 または請求項 8 の発明において、互いに形状の異なる複数種類の形状模型を設定し、各形状模型を対象形状と照合し、各形状模型のうちで変形量が最小になる形状模型を対象形状に一致する形状模型として選択することを特徴とする。

【0025】請求項 26 の発明は、請求項 7 または請求項 8 の発明において、互いに形状の異なる複数種類の形状模型を設定し、各形状模型をあらかじめ設定された順序で対象形状と照合し、各形状模型のうちで変形量があらかじめ設定されたしきい値以下になった最初の形状模

型を対象形状に一致する形状模型として選択することを特徴とする。

#### 【0026】

【作用】本発明によれば、対象形状が2次元平面上の点列で表され、かつ形状模型が有限個の節点と線素との組として表されているのであって、各線素の特徴量について標準値と標準値を内包する許容範囲とを設定し、対象形状に関して標準値との差および許容範囲との関係に基づいて形状模型との一致の程度を評価するので、設定された許容範囲内では一致の程度が高いと判断すれば、対象形状の特徴量が多少変動してもこの変動分を吸収することができる。

【0027】請求項4の発明は、対象形状が3次元空間の点列で表される形状である場合への拡張であって、請求項1における2次元平面の場合と同様に扱うことができるのである。請求項2、請求項5の発明では、形状模型を節点と線素とで表し、各線素についての特徴量として傾きを用いることで、回転移動を含まない照合を行なうことができる。また、請求項3、請求項6の発明のように、各線素の間の角度を特徴量に用いることで、回転移動を含む対象形状についても照合を行なうことが可能になる。

【0028】請求項7や請求項8の発明では、特徴量について許容範囲に対する超過分や不足分を加味した変形量を対象形状と形状模型との一致程度の評価に用いるのであって、対象形状の形状模型に対する差異を適合・不適合といった2値的な判断ではなく、連続的な変形量として評価することができるのである。しかも、特徴量について形状模型の全体で累計するから、対象形状から選択した節点により形作られる形状と形状模型との差異を全体的に評価することができる。

【0029】また、対象形状から形状模型の節点と同数の座標点を選ぶ最適な組み合わせを見つける方法として、線分ごとの特徴量に関する累計値を最小化するだけでは、形状模型が許容範囲を持つためにせいぜいこの許容範囲程度の認識精度しか得られないが、対象形状の上のすべての点と形状図形との最小距離の平均値をポテンシャル変形成分として、このポテンシャル変形成分を変形量の成分として加味しているので、形状模型が許容範囲を持っていても高い認識精度が得られる。すなわち、対象形状と形状模型とを照合するマッチング処理において、形状模型の特徴量（長さ、角度など）の変形成分は大まかな形状の一致を把握するのに有効に作用し、ポテンシャル変形成分は特徴量の変形量が小さい場合、つまり大まかには形状が一致している場合の、より詳細な形状の一致の把握に有効に作用するのである。

【0030】マッチング処理については、形状模型の節点と同数の節点を選択するすべての組み合わせに対して変形量を計算すると処理コストが増大するが、請求項9、請求項10、請求項11、請求項16、請求項1

7、請求項18、請求項19、請求項20、請求項21に示すような方法を採用すれば、不要な計算を除外することができ処理が効率化される。

【0031】請求項12、請求項13の方法は、対象形状から選択した節点が照合しようとする形状模型の節点の個数よりも少ない場合の処理方法であって、比較的よい節点候補を選択し、かつ節点候補の中から節点になる可能性の高いものから順に選択するから、簡単な手順ながら対象形状から形状模型との照合が可能になるように節点を抽出することができるのである。

【0032】また、上述のように、対象形状と形状模型との一致程度の評価に用いる変形量にポテンシャル変形成分が含まれるため、通常は対象形状の節点の間の線素は連続でなければならないが、請求項14、請求項15の方法を用いれば、対象形状に不連続部分が含まれていても処理が可能である。さらに、請求項22の方法によれば、形状認識の過程を複数段階に分け、最初に粗い形状認識を行なった後に、その結果を利用して詳細な形状認識が行なえるから、形状認識の精度を高めることができる。

【0033】請求項23、請求項24の方法によれば、対象形状と形状模型との一致程度を評価できるのである。また、複数種類の対象形状を識別したいような場合には、請求項25、請求項26の方法によって認識対象の種類を判別することができ、適正な形状模型を用いての認識が可能になる。

#### 【0034】

##### 【実施例】

（実施例1）本実施例では、一組の板材を略直角に突き合わせた角継手の断面形状を光切断法によって測定する場合について例示する。光切断法では、図5に示すように、対象物1の屈曲部を横断するスリット光を光源2から対象物1に照射し、光源2からのスリット光の照射方向とは異なる方向からCCDカメラのような撮像装置3によってスリット光の投影パターンを撮像し、撮像装置3で取り込んだ画像について以下のような処理を施すことによって、対象物1の形状に対応した点列を抽出する。すなわち、対象物1の屈曲部を横断する切断面との交線上の各測定点について、測定点の位置を2次元平面内の座標で表すのである。

【0035】撮像装置3で取り込んだ濃淡画像Q<sub>1</sub>（図6（a））は、フレームメモリ11に一旦格納され、フレームメモリ11に格納された濃淡画像Q<sub>1</sub>は2値化処理部12に入力される。2値化処理部12では各画素の濃度を適宜閾値と比較し、各画素の濃度を2値化することによって図6（b）に示すような2値画像Q<sub>2</sub>を得る。次に、2値画像Q<sub>2</sub>の雑音成分をノイズ除去処理部13で除去する。ここで、2値画像Q<sub>2</sub>で求めた線図形I<sub>1</sub>は複数画素の幅を有しているのが普通であるから、心線抽出部14において2値画像Q<sub>2</sub>での線図形I<sub>1</sub>の

中心線として心線を抽出し、図 6 (c) に示すような、1 画素の幅を有した線図形  $I_1$  のデータからなる線画像  $Q_1$  を得る。線図形  $I_1$  は 1 画素の幅を有した画素の列であり、点列生成部 15 によって対象物 1 の屈曲部の形状を反映した点列が得られる。点列生成部 15 では、線図形  $I_1$  の各画素の位置座標を画面の横方向について左から順に並べることによって点列の位置データとする。ここに、線図形  $I_1$  の全画素を点列としているが、分解能を下げてよい場合には、画面の横方向に複数画素進むごとに 1 画素の位置座標を求めたり、複数画素ごとに代表値を位置座標とするなどしてもよい。このようにして線図形  $I_1$  に基づいて図 6 (d) のような点列  $S$  を得ることができるのである。この点列  $S$  は画像の横軸座標について昇順に並べられたものであって、メモリに格納されて以後の処理に用いられる。

【0036】上述のようにして得た点列  $S$  が対象形状として形状模型と比較されるのであるが、点列  $S$  のままで形状模型と比較すると、マッチング処理に時間がかかるから、点列  $S$  の並びは折れ線で近似される。点列  $S$  を折れ線に近似する方法は各種提案されているが、ここでは、追跡法として知られている方法を採用している。すなわち、図 7 に示すように、折れ線近似の対象とする点列  $S$  に含まれる各点  $P_j$  ( $j = 0, 1, \dots, n$ ) が左から順に並んでいるものとして、図 7 (a) のように始点  $P_0$  を一方の端点  $P_{j1}$  とし、点列  $S$  に含まれる他の点  $P_j$  を他方の端点  $P_{j2}$  とし、両端点  $P_{j1}, P_{j2}$  を結ぶ線分  $\langle P_{j1} P_{j2} \rangle$  を設定する。ここに、端点  $P_{j2}$  の一つ前の点  $P_{j2-1}$  を中心とする半径  $\varepsilon$  の円  $C_{j2-1}$  の接線のうち端点  $P_{j1}$  を通る 2 本の接線  $\lambda_{1,j2-1}, \lambda_{2,j2-1}$  の間に、線分  $\langle P_{j1} P_{j2} \rangle$  が挟まれていれば、点  $P_{j2-1}$  と線分  $\langle P_{j1} P_{j2} \rangle$  との距離は  $\varepsilon$  以下である。そこで、一方の端点  $P_{j1}$  を固定し他方の端点  $P_{j2}$  を点列  $S$  の並び順に変化させ、上述のように点  $P_{j2-1}$  と線分  $\langle P_{j1} P_{j2} \rangle$  との距離が  $\varepsilon$  以下であるかどうかを判定する。このようにして、点  $P_{j2-1}$  と線分  $\langle P_{j1} P_{j2} \rangle$  との距離が  $\varepsilon$  以下である最長の線分  $\langle P_{j1} P_{j2} \rangle$  を選び出す。すなわち、図 7 の例では、同図 (b) のように、 $J1 = 0, J2 = 2$  から始めて  $J2 = 8$  までは点  $P_{j2-1}$  と線分  $\langle P_{j1} P_{j2} \rangle$  との距離は  $\varepsilon$  以下という条件が満たされているが、 $J2 = 9$  において条件が満たされなくなるから、線分  $\langle P_0 P_8 \rangle$  を最長の線分とするのである。

【0037】次に、上記条件が満たされた最終の端点  $P_{j2}$  (上の例では  $P_8$ ) を固定する端点  $P_{j1}$  とし、同様の手順で点  $P_{j2-1}$  と線分  $\langle P_{j1} P_{j2} \rangle$  との距離が  $\varepsilon$  以下である最長の線分  $\langle P_{j1} P_{j2} \rangle$  を求める。すなわち、図 7 の例では、同図 (c) のように、 $J1 = 8, J2 = 10$  から始めて上述した処理を繰り返すのである。このようにして、端点  $P_{j2}$  が点列  $S$  の終点  $P_n$  に達するまで線分  $\langle P_{j1} P_{j2} \rangle$  を選び出す処理を行い、最終的に図 7

(d) のように、線分  $\langle P_{j1} P_{j2} \rangle$  を結合した折れ線で

点列  $S$  を近似することができるのである。

【0038】上述のようにして点列  $S$  を折れ線で近似した図形を対象形状として用いれば、対象物 1 の断面形状の特徴量を屈曲点の位置と屈曲点間を結ぶ線素 (直線、曲線) とで表すことができ、図 8 のような形状の点列  $S$  を形状模型と照合する場合に比較すれば、データ数を大幅に削減することができて、マッチング処理を高速化することが可能になる。

【0039】本実施例では、対象物 1 の断面形状は略 M 字形になるから、形状模型としては図 9 に示すように、5 個の節点  $p_0 \sim p_4$  と、各節点  $p_0 \sim p_4$  の間を結ぶ 4 本の線素 (線分)  $s_0 \sim s_3$  とによって表したものをを用いることができる。形状模型の特徴量としては、各線素  $s_0 \sim s_3$  の長さ  $l_k$  ( $k = 0 \sim 3$ ) と、2 次元平面 (画像) の横軸に対する各線素  $s_0 \sim s_3$  の傾き  $\theta_k$  ( $k = 0 \sim 3$ ) とを用い、さらに、各特徴量について許容範囲  $[l_{\min k}, l_{\max k}]$ ,  $[\theta_{\min k}, \theta_{\max k}]$  と標準値  $l_{stk}, \theta_{stk}$  とが設定される ( $k = 0 \sim 3$ )。定義より明らかなように、次の関係が成立する。

$$l_{\min k} < l_{stk} < l_{\max k}$$

$$\theta_{\min k} < \theta_{stk} < \theta_{\max k}$$

ここで、許容範囲  $[l_{\min k}, l_{\max k}]$ ,  $[\theta_{\min k}, \theta_{\max k}]$  については、対象物 1 から得られる線画図形の寸法の変動幅に応じて適宜設定される。

【0040】対象物 1 の断面形状を折れ線近似した対象形状が得られると、上述のように定義された形状模型とのパターンマッチング (マッチング処理) が行なわれる。マッチング処理では、まず対象形状から照合される形状模型の節点  $p_0 \sim p_4$  と同数の節点を選択し (ここでは、対象形状の節点の個数が形状模型の節点  $p_0 \sim p_4$  の個数よりも多いと仮定している)、選択した節点の間を形状模型と同様に線分で結んだ場合における線分の長さ、2 次元平面 (画像) の横軸 (基準線) に対する傾きとを求める。また、対象形状のすべての節点について、形状模型を構成する線分のうちでもっとも近いものとの距離  $\varepsilon_j$  を求め、距離  $\varepsilon_j$  の平均値をポテンシャル変形成分  $E_p$  と定義する。図 2 に距離  $\varepsilon_j$ 、形状模型における線分の長さ  $l_k$ 、形状模型における傾き  $\theta_k$  の概念を示す。図 2 において二重丸で示した画素は形状模型と対象形状とで重なる節点  $p_0 \sim p_4$ 、田字形で示した画素は対象形状においてのみ発生する節点を示す。ポテンシャル変形成分  $E_p$  は、対象形状の点列  $S$  に含まれる点  $P_i$  の個数 (折れ線近似した場合には節点の個数) を  $n$  とするとき、数 1 で表される。

【0041】

【数 1】

$$E_p = \sum_{j=0}^{n-1} (\varepsilon_j) / n$$

【0042】次に、対象形状の各線分の長さおよび各傾

きについて、形状模型について設定されている許容範囲と比較し、許容範囲外であるときには、長さについては長さ変形成分 $D l_k$ とし、傾きについては角度変形成分 $D s_k$ として、長さ変形成分 $D l_k$ と角度変形成分 $D s_k$ との各総和 $E l$ 、 $E \theta$ をそれぞれ求める（ただし、 $k$ は形状模型の線分の本数）。すなわち、長さ変形成分 $D l_k$ と角度変形成分 $D s_k$ とは、それぞれ次式で表される。

$$\begin{aligned} D l_k &= l_k - l_{optk} & (l_k > l_{optk}) \\ &0 & (l_{optk} < l_k < l_{maxk}) \\ &l_{mink} - l_k & (l_k > l_{mink}) \\ D s_k &= \theta_k - \theta_{optk} & (\theta_k > \theta_{optk}) \\ &0 & (\theta_{optk} < \theta_k < \theta_{maxk}) \\ &\theta_{mink} - \theta_k & (\theta_k > \theta_{mink}) \end{aligned}$$

また、長さ変形成分 $D l_k$ と角度変形成分 $D s_k$ との各総和 $E l$ 、 $E \theta$ はそれぞれ次式で表される。

$$E l = \sum (D l_k)$$

$$E \theta = \sum (D s_k)$$

ここに、 $k$ の範囲は線分の本数による。

【0043】上述のようにして、ポテンシャル変形成分 $E p$ と長さ変形成分 $D l_k$ と角度変形成分 $D s_k$ との各総和 $E l$ 、 $E \theta$ とが求められると、次に各成分 $E p$ 、 $E l$ 、 $E \theta$ の重み付き総和を変形量 $E_{total}$ として求める。変形量 $E_{total}$ は各成分 $E p$ 、 $E l$ 、 $E \theta$ に対する重み係数 $W p$ 、 $W l$ 、 $W \theta$ とするとときに、次式のように表すことができる。

$$E_{total} = W p \times E p + W l \times E l + W \theta \times E \theta$$

上述のように定義した変形量 $E_{total}$ を、対象形状からの節点の選択方法のすべての組合せについて求め、変形量 $E_{total}$ が最小になる（以下、変形量 $E_{total}$ の最小値を最小変形量とよぶ）節点の選択方法を最適な選択とするのである。図1に上記照合過程を示す。

【0044】上述のようなマッチング処理によって得られた結果が形状認識の対象となる。いま、マッチング処理の結果が図3に示す節点 $B_{p1} \sim B_{p4}$ と、各節点 $B_{p1} \sim B_{p4}$ を結ぶ線分とで表した形状になったとする。図3では対象物1の断面形状をマッチング処理の結果に重ね合わせて示してある。ここでは、一対の板材 $M_1$ 、 $M_2$ を溶接して角継手を形成する際の両板材 $M_1$ 、 $M_2$ の位置関係などを計測するのであって、板材 $M_1$ 、 $M_2$ の板厚 $t$ は既知であるものとする。この場合、継手の隙間は、図3のA寸法と板厚 $t$ との差として求めることができ、継手の段差は図3の寸法B、継手の位置は図3の点Cの座標として求めることができるのである。要するに、図4のような手順で継手の形状を計測することができる。

【0045】（実施例2）上記実施例では、入力された対象形状である点列 $S$ を折れ線近似することによって、対象形状を圧縮したが、本実施例では点列 $S$ にハフ変換を施すことによって、対象形状を得るものである。すなわち、図10（a）に示すような点列 $S$ に対してハフ変

換によって直線 $L_i$ （ $i = 0 \sim 5$ ）を当てはめ、図10（b）に示すように、各直線 $L_i$ の交点および点列 $S$ の端点を節点 $B_{ii}$ （ $i = 0 \sim 6$ ）として採用するのである。ただし、直線 $L_i$ の交点のうち点列 $S$ の近傍範囲にないものは除去し、かつ1本の直線 $L_i$ については節点 $B_{ii}$ を最大2個に制限することで、不要な節点 $B_{ii}$ が得られないようにしている。ここで、ハフ変換により直線を当てはめる方法は周知であるが簡単に説明しておく。すなわち、点列 $S$ の各点にハフ変換を施して得られる極座標空間（パラメータ空間）でのハフ曲線は、各点が一直線上に存在する場合には1つの交点を持つことが知られている。したがって、ハフ曲線の交点と見なせる1点を求めれば、この1点が略一直線上に存在する点列 $S$ を代表する直線 $L_i$ を表すのであって、ハフ曲線の交点を求めることで、点列 $S$ への直線 $L_i$ の当てはめを行なうことができるのである。節点 $B_{ii}$ が求まれば、節点 $B_{ii}$ の間を順に結ぶ線素 $s_i$ を求めることによって、図1に示した方法と同様の方法が適用できる。すなわち、ハフ変換を用いても点列 $S$ のデータ量を圧縮することができる。他の方法については実施例1と同様である。

【0046】（実施例3）上記実施例では形状模型の各節点 $p_i$ の間を線分のみで結んでいるが、本実施例では節点の間を結ぶ線素として楕円の一部分も併せて用いている。すなわち、図11に示す節点 $p_1$ と節点 $p_2$ の間は、図9に示した実施例1の形状模型では節点 $p_1 - p_2 - p_3$ を結ぶ折れ線としたが、本実施例では長軸と短軸とがそれぞれ線分 $s_1$ と線分 $s_2$ との延長線であるような楕円の一部分（部分楕円）である線素 $s_1$ を用いることによって節点 $p_1$ と節点 $p_2$ とを結んでいるのである。

【0047】この場合、節点 $p_1$ と節点 $p_2$ の間では、線素の長さを楕円の長径 $l_1$ と短径 $l_1'$ とで定義し、線素の傾きについては横軸に対する長軸の傾き $\theta_1$ によって定義する。さらに、楕円の偏平度（＝短径／長径）についても標準値および許容範囲を設定しておく。他の方法については実施例1と同様である。

（実施例4）本実施例は、図12（a）に示すように、対象物1の画像として得た点列 $S$ に不連続部分 $DS$ やデータの欠落部分 $VC$ が存在する場合についての処理であり、このような場合には、点列 $S$ を折れ線近似した対象形状を求める前に、補完処理を行なって図12（b）のように点列 $S$ に連続性が得られるようにする（図12（b）に補完箇所を $CP$ で示す）。補完処理は不連続部分の端点の間を直線で結ぶ処理であって、このような補完処理を行なえば、実施例1と同様の手順で折れ線近似した対象形状を求めることができる。他の方法については実施例1と同様である。

【0048】（実施例5）実施例1においては、追跡法を用いて対象形状を折れ線近似を行なっているが、対象形状に変動が生じた場合に、対象形状について求めた節

点 $B_{pi}$ の個数が、形状模型の節点 $p_i$ の個数よりも少なくなることがある。このように対象形状について求めた節点 $B_{pi}$ の個数と形状模型の節点 $p_i$ との個数が一致しないときには、マッチング処理が行なえないという問題が生じる。

【0049】そこで、本実施例では、図13(a)に示すように折れ線近似を行なった結果で得られた節点 $B_{pi}$

( $i=0\sim 4$ )の個数が、形状模型の節点 $p_i$ の個数よりも少ない場合には、図13(b)のように、隣接する各一対の節点 $B_{pi}$ 、 $B_{pi+1}$ の間の点列 $S$ について、両節点 $B_{pi}$ 、 $B_{pi+1}$ を結ぶ線素 $B_{si}$ との距離を求め、最大距離 $\epsilon_i$ である点 $C_{pi}$ を節点候補として求める。このようにして、各線素 $B_{si}$ に対して節点候補 $C_{pi}$ を求めた後に、最大距離 $\epsilon_i$ の大きいほうから順に、不足個数の節点候補 $C_{pi}$ を対象形状の節点 $B_{pi}$ として採用し、図1(c)に示すように、形状模型の節点 $p_i$ に一致する個数の節点 $B_{pi}$ ( $i=0\sim 5$ )を決定するのである。

【0050】以上の手順をまとめると、図14のようになる。すなわち、所期化( $i$ を0にする)の後、折れ線近似で求めた隣合う各一対の節点 $B_{pi}$ 、 $B_{pi+1}$ を線素

(線分) $B_{si}$ で順に結び、線素 $B_{si}$ の両端の節点 $B_{pi}$ 、 $B_{pi+1}$ の間の点列 $S$ のうちで線素 $B_{si}$ からの距離が最大距離 $\epsilon_i$ になる節点候補 $C_{pi}$ を探す。 $i$ が節点 $B_{pi}$ の個数-2になるまで上記手順を繰り返すことによって、すべての線素 $B_{si}$ について節点候補 $C_{pi}$ を求め、節点候補 $C_{pi}$ のうちで最大距離 $\epsilon_i$ が大きいほうから順に必要な個数の節点候補 $C_{pi}$ を選択して節点 $B_{pi}$ に加えるのである。

【0051】上述の手順を採用することにより、初めに得られた節点 $B_{pi}$ の個数が $N$ 個であるとすれば、節点 $B_{pi}$ の個数を最大で $(2N-1)$ 個に増やすことが可能になる。また、節点候補 $C_{pi}$ を用いて節点 $B_{pi}$ の個数を増やしても形状模型の節点 $p_i$ の個数に対して不足しているときには、節点候補 $C_{pi}$ を加えた節点 $B_{pi}$ に対して上記手順を再度採用することで、節点 $B_{pi}$ の個数を増やせばよい。他の手順は実施例1と同様である。

【0052】(実施例6)本実施例は、実施例5と同様に対象形状から求めた節点 $B_{pi}$ の個数が形状模型の節点 $p_i$ に対して不足している場合についての実施例であって、対象形状からは実施例2の手順を用いてハフ変換で節点 $B_{pi}$ を求めている。ハフ変換によって節点 $B_{pi}$ を求める場合に、変換後の空間(極座標空間)でのハフ曲線の交点に相当する点に対応した直線 $L_i$ を求め、図15(a)に示すように、直線 $L_i$ 同士の交点や点列 $S$ の端点を節点 $B_{pi}$ として採用しているから、点列 $S$ に含まれる点と節点 $B_{pi}$ とは必ずしも一致しないものである。そこで、本実施例では、直線 $L_i$ の交点を節点 $B_{pi}$ とする代わりに、図15(b)のように、点列 $S$ に含まれる点 $P_i$ のうち直線 $L_i$ の交点にもっとも近い点を節点 $B_{pi}$ として採用するようにしている。以下の手順は実施例5

と同じであって、隣合う節点 $B_{pi}$ 、 $B_{pi+1}$ を結ぶ線素 $B_{si}$ と点列 $S$ に含まれる点との距離が最大距離 $\epsilon_i$ になる点を節点候補 $C_{pi}$ とし、最大距離 $\epsilon_i$ の大きいほうから順に、形状模型の節点 $p_i$ の個数に対する不足個数分だけ節点候補 $C_{pi}$ を選択して節点 $B_{pi}$ に加えるのである。このようにして、図15(c)のように形状模型の節点 $p_i$ の個数に一致するように形状模型の節点 $B_{pi}$ を決定することができる。

【0053】上記手順をまとめると、図16のようになるのであって、図14に示した実施例5の手順との相違点は、所期化の前に、ハフ変換で求めた直線 $L_i$ の交点の近傍で点列 $S$ に含まれる点 $P_i$ を求め、この点 $P_i$ を最初の節点 $B_{pi}$ として採用する過程を付加している部分だけである。他の手順は実施例2と同様である。

(実施例7)本実施例は、比較的簡単な形状の形状模型を組み合わせて対象形状とのマッチング処理を行なう方法であって、対象形状の部分ごとに形状模型との照合を行うようにしている。すなわち、図17に示すように、形状模型をブロック $B_{10}$ 、 $B_{11}$ として対象形状と照合し、ブロック $B_{10}$ 、 $B_{11}$ の間を線分 $s_2$ によって結合するのである。この場合に、ブロック $B_{10}$ 、 $B_{11}$ 間を結ぶ線分 $s_2$ を他の線分と同様に扱って長さおよび傾きについて標準値および許容範囲を設定する。形状模型を上述のように設定すれば、図18に示すように、2個の形状模型を用いて対象形状とのマッチング処理を行なうことが可能になる。他の方法については実施例1と同様である。

【0054】(実施例8)実施例1では、対象形状と形状模型とを照合して長さ変形成分 $D_{1i}$ および角度変形成分 $D_{s_i}$ を求める際に、図19(a)のように、長さ $l_i$ や傾き $\theta_i$ が許容範囲内であれば長さ変形成分 $D_{1i}$ および角度変形成分 $D_{s_i}$ を0に設定していたが、本実施例では、図19(b)のように、許容範囲内であっても標準値以外であれば標準値からの差に比例した値を与えるようにしたものである。すなわち、長さ変形成分 $D_{1i}$ および角度変形成分 $D_{s_i}$ として、許容範囲の内外にかかわらず、標準値との差に比例した値を与えるのであるが、許容範囲内では許容範囲外よりも比例係数を小さく設定しているのである。このように、許容範囲内であっても標準値との差に応じた値を与えることによって、標準値との差を実施例1よりも厳密に評価することができ、認識精度の向上を図ることができるのである。他の方法については、実施例1と同様である。

【0055】(実施例9)実施例1では、形状模型について許容範囲を設定していることで変形可能な形の形状模型が設定されていることになる。したがって、実施例1のように、マッチング処理の際に変形量 $E_{i,0001}$ が最小になるような節点を選択するようにした場合に、対象形状が形状模型に対して大幅に異なっていたとしても、形状模型に対象形状が一致する場合が生じる。そこで、

本実施例では、最小変形量が形状模型に対する対象形状の相違の程度を示す点に着目し、対象形状の形状模型との一致度の指標として変形量 $E_{\text{total}}$ を用いている。すなわち、最小変形量に対するしきい値を設定し、最小変形量がしきい値よりも大きければ、対象形状の形状模型に対する一致度が低いと判断するのである。

【0056】たとえば、図20に示すように、対象物1が一对の板材 $M_1$ 、 $M_2$ を溶接して形成した角継手であるとして、図20のイ、ロの位置に光切断法による切断線が形成されている場合の点列 $S$ と点列 $S$ から求めた節

点 $B_{pi}$ とが、それぞれ図21(a)(b)のようであったとする。ここで、図9のような形状模型と照合するとすれば、図21(b)の対象形状では形状模型の変形をほとんど必要とせず、図21(a)の対象形状では形状模型の大幅な変形が必要になる。すなわち、図21(a)の対象形状は図21(b)の対象形状に比較して最小変形量が大幅に大きくなるのである。そこで、図20の角継手について光切断法で切断線を上から下に走査するものとして、角継手の開始点を検出するような場合には、図22に示すように、最小変形量に対するしきい値 $E_s$ を設定し、最小変形量がしきい値 $E_s$ 以下になったときに、角継手の開始位置であると判定することが可能になる。ここに、図22におけるイ、ロの位置は図20のイ、ロの位置に対応する。しきい値 $E_s$ は高く設定すれば、図20のイ位置に近い位置を角継手の開始点として検出することができ、低く設定すれば図20のイ位置から遠い位置を角継手の開始点として検出することができる。したがって、しきい値 $E_s$ については実験結果に基づいて角継手の開始点が適切に検出させるような値を決定する。他の手順については実施例1と同様であるから説明を省略する。

【0057】(実施例10) 実施例9のように最小変形量を用いれば対象形状と形状模型と全体的な一致度を評価することはできるのであるが、変形量 $E_{\text{total}}$ は3種類の成分の重み付き総和として求められているから、局所的な形状の相違を厳密に評価することはできないものである。

【0058】そこで、本実施例では、実施例1で図3、図4を用いて説明したように、形状模型の節点 $p_i$ と対象形状の節点 $B_{pi}$ との照合結果として対象物1の位置関係が得られることを利用し、対象物1の位置関係を表す数値の少なくとも一部を評価値とし既定の評価基準と比較することによって、形状模型と対象形状との一致度の評価を行なうようにしているのである。

【0059】たとえば、角継手の形状を認識して溶接を行なう場合について説明すると、図4の手順で得られる図3に示した寸法 $A$ 、 $B$ を評価値とし、これらの寸法 $A$ 、 $B$ については不良を生じることなく溶接することができる許容範囲が、実験結果によって、

$$A_{\min} < A < A_{\max}$$

$$B_{\min} < B < B_{\max}$$

としてわかっているときに、上記許容範囲を評価基準としておけば、寸法 $A$ 、 $B$ によって対象形状の形状模型に対する一致度の評価を行なうことができることになる。この方法では、局所的な形状の相違までも厳密に評価することができ、とくに溶接等の実際の作業を行なうことができるか否かの判定に役立つのである。すなわち、寸法 $A$ 、 $B$ が許容範囲を逸脱しているときには、溶接作業を禁止するように判断することが可能になる。

【0060】上記手順をまとめると、図23のようになる。すなわち、まず対象形状を形状模型と照合し、その結果に基づいて評価値となる寸法 $A$ 、 $B$ を求める。次に、寸法 $A$ 、 $B$ について許容範囲内か否かの評価を行ない、寸法 $A$ 、 $B$ について許容範囲の上限値と下限値とのいずれかでも逸脱しているときには対象形状と形状模型とは一致しないと判定する。また、寸法 $A$ 、 $B$ が許容範囲内であれば、対象形状と形状模型とは一致すると判定するのである。他の手順については実施例1と同様である。

【0061】(実施例11) 実施例1の方法では、対象形状について形状模型の節点と同数の節点を選択するすべての組合せについて上述した変形量 $E_{\text{total}}$ を求めるようにしていたから、対象形状に含まれる節点の個数が多い場合には、処理時間が増大する場合がある。そこで、本実施例では、処理時間の増大を抑制する方法として、動的計画法を用いている。すなわち、実施例1のようにすべての節点について一度で最適化するのではなく、段階的に最適化することによって計算量の低減を図っているのである。いま、図24のように、形状模型の節点 $T_{p_0} \sim T_{p_s}$ と対象形状の節点 $p_0 \sim p_s$ とについて動的計画法で照合するものとする。

【0062】この動的計画法では、図26に示すように、各線分ごとに順に最適化を行なうのであって、まず節点 $T_{p_0}$ と節点 $T_{p_1}$ との間の線分に適合する可能性の高い線分を対象形状から探し出す。すなわち、図25(a)に示すように、まず節点 $p_0$ または節点 $p_1$ を節点 $T_{p_0}$ に一致させたときに形状模型に近い線分が得られる節点 $p_1 \sim p_s$ の候補を選択する(この処理は評価関数によって評価する)。次に、図25(b)のように各候補の節点 $p_1 \sim p_s$ を節点 $T_{p_1}$ に一致させたときに、節点 $T_{p_2}$ までの線分との一致度を評価して、候補となる節点 $p_2 \sim p_s$ を選択する。このような2段階の評価によって図25(c)に示すように、節点 $T_{p_1}$ に一致する可能性のある節点 $p_1$ 、 $p_2$ を2個に絞ることができる。以下同様にして評価を行なえば、図25

(d)のように形状模型の節点 $T_{p_0} \sim T_{p_s}$ との一致の程度がもっとも高い節点 $p_0 \sim p_s$ を選択することができるのである。

【0063】節点 $T_{p_0} \sim T_{p_s}$ と節点 $p_0 \sim p_s$ との一致の程度の評価は、上述したように、第1線分(線分

$T p_0, T p_1$  ) の最適化、第 1 線分と第 2 線分 (線分  $T p_1, T p_2$  ) の組み合わせの最適化というように逐次進むのであって、たとえば、図 27、図 28 に示すように、対象形状と形状模型との線分の距離の平均値、長さ変形成分、角度変形成分を求め、変形量としても重み付き総和を求める。この変形量が最小になるような節点  $p_0 \sim p_2$  を求める節点とするのである。図 27 は第 1 線分、図 28 は第 1 線分と第 2 線分との組み合わせでの最適化を示す。

【0064】以上のようなマッチング処理を行えば、計算量が大幅に低減され、高速な処理が可能になる。他の方法については実施例 1 と同様である。

(実施例 12) 本実施例は、変形量に対してしきい値を設定することによってマッチング処理における計算量を低減したものである。すなわち、実施例 1 のマッチング処理において求められる変形量や実施例 11 のマッチング処理の過程で累積される変形量が規定したしきい値を超えたときに、対象形状から選択した節点は形状模型の節点に一致する点ではないと判断し、計算を打ち切って次の節点について計算を行なうようにしている。このように、変形量の演算過程で適合しない節点については演算を打ち切るようにしているから、計算量が低減されて処理速度が高速化されるのである。

【0065】ここで、変形量に対するしきい値は、複数の対象形状について過去のマッチング処理の結果の変形量の分布を参考にしてなるべく小さな値に設定する。また、マッチング処理の過程において、設定したしきい値よりも変形量が小さい場合に、その変形量をマッチング処理でのしきい値に用いるようにしてもよい。あるいはまた、形状模型の長さや傾きについて制限範囲を設定し、対象形状から節点を選択する際に変形量を計算する過程で対象形状から求めた長さや傾きが制限範囲外になると、その変形量の計算を打ち切って次に選択した節点についての変形量の計算を行なってもよい。他の方法については実施例 1 と同様である。

【0066】(実施例 13) 本実施例では、マッチング処理における計算量を低減するために、形状模型に関する知識を用いるものである。たとえば、図 9 に示した形状模型について、①「節点  $p_0, p_1$  はデータの左右の端に対応する」、②「節点  $p_2$  はもっとも高い位置にある」、③「節点  $p_0$  は節点  $p_1$  よりも必ず低い位置にある」というような知識を用いると、対象形状から形状模型の節点に対応する節点を選択する際に、組み合わせの数を減らすことができるのである。①と②の知識を用いると、図 29 (a) の節点  $B_{p0}, B_{p2}, B_{p1}$  を選択することができる。また、③の知識を用いると、図 29

(b) の節点  $B_{p1}$  に対して節点  $B_{p2}$  の選択範囲を小さくすることができる。他の方法は実施例 1 と同様である。

【0067】(実施例 14) 本実施例は、形状模型における標準値や許容範囲の望ましい設定方法であって、過

去複数回のマッチング結果を利用し、各線分の長さや傾きの平均値を標準値として利用し、標準値±(所定値×標準偏差)を許容範囲とするものである。このように、過去のマッチング結果に基づいて標準値や許容範囲を設定すれば、よい形状模型を設定することができる。他の方法については実施例 1 と同様である。

【0068】(実施例 15) 本実施例は、対象物 1 の全体的な形状を認識した後に、部分の詳細な形状を認識しようとするものであって、対象物 1 の全体形状についての近似処理を行なう際に粗い近似を行なった対象形状と、全体の形状を表す形状模型とを照合して全体形状を認識し、さらに、必要部分について細かい近似を行なった対象形状と、部分的な形状模型とを照合して部分の詳細形状を認識するものである。

【0069】たとえば、図 30 (a) のような点列  $S$  について粗い近似を行なって、図 30 (b) のような略 M 字形の形状模型とのマッチング処理を行なう。次に、図 30 (c) に示すように、形状模型の節点  $p_0$  と節点  $p_2$  との間について点列  $S$  に対して対象形状の細かい近似を行ない、図 30 (d) のような形状の形状模型によってマッチング処理を行なうのである。このような処理によって、図 30 (e) に示すように部分的に詳細な形状の認識が可能になる。

【0070】このような段階的処理方法を採用すれば、対象物 1 の全体形状について詳細な形状を認識する場合に比較して、処理コストを低減することができ、かつ必要部分については詳細な形状を認識することができる。他の方法は実施例 1 と同様である。

(実施例 16) 実施例 15 では段階的処理方法を採用しているが、対象形状によっては実施例 15 の手順を採用できないこともある。そこで、図 31 のようにして得られている節点  $B_{pi}$  のうちで形状模型の節点  $p_i$  に照合する少なくとも 1 個について、図 32 (a) に示すように、点列  $S$  の中で節点  $B_{pi}$  の近傍の所定範囲内に存在する点を順に選択してそれぞれ節点候補  $C_{pi}$  とし、各節点候補  $C_{pi}$  を節点として採用したときの最小変形量をそれぞれ求める。このようにして最小変形量がもっとも小さくなる節点候補  $C_{pi}$  が見つければ、図 32 (b) に示すように、その節点候補  $C_{pi}$  を節点  $B_{pi}$  に代わる節点  $B_{pi}'$  として採用して形状模型とのマッチング処理を行なうのである。

【0071】たとえば、実施例 1 のような追跡法による折れ線近似で得た節点  $B_{pi}$  は、真の角位置に対して追跡方向にずれる傾向があるから、図 31 に示した節点  $B_{pi}$  は真の位置に対して追跡方向(右方向)にずれて位置している。そこで、求めた節点  $B_{pi}$  を用いてマッチング処理を一度行なった後に、上述したように節点  $B_{pi}$  から見て追跡方向とは反対側(左側)に並ぶ点列  $S$  の所定個数の点を節点候補  $C_{pi}$  として選択し、対象形状を  $B_{pi} - C_{pi} - B_{p3} - B_{p4} - B_{p5}$  として形状模型と照合したときの

変形量 $E_{total}$ を計算するのである。この演算により、変形量 $E_{total}$ が節点 $B_{pi}$ を選択した場合よりも小さくなる節点候補 $C_{pi}$ があれば、その節点候補 $C_{pi}$ を新たな節点 $B_{pi}'$ として採用し、変形量 $E_{total}$ が最小になる節点候補 $C_{pi}$ を節点 $B_{pi}'$ として採用するのである。このような処理によって、形状対象としてのより的確な節点 $B_{pi}$ を選択することができるのである。この手順をまとめると図33のようになる。他の手順は実施例1と同様である。

【0072】（実施例17）本実施例は、それぞれ形状の異なる複数の対象物1が存在する場合について各対象物1を個別に認識する方法の例であって、図34（b）のように、対象物1から得た対象形状と照合する形状モデルを複数種類用意しておき、これらの形状モデルから変形量が最小となる形状モデルを選択することによって、複数の認識対象が混在していても最適な形状モデルを適合させることができるようにしたものである。

【0073】すなわち、図34（b）において、Aは重ね継手、Bは角継手、Cは突き合わせ継手、DはT継手に対する形状モデルであって、図34（a）に示す点列Sは、各形状モデルとの間でマッチング処理が施される。ここで、4種類の形状モデルと点列Sとの間で求めた変形量が最小となる形状モデルを選択すれば、認識に最適な形状モデルを用いた認識が可能になるのである。ここでは、図34（c）のように、角継手であるBの形状モデルが選択されるのであって、どの形状モデルが選択されたかという情報を用いることによって、継手の種類を判別することができる。したがって、1台の溶接ロボットで複数の種類の継手の溶接に対応するといった応用が可能である。他の方法については実施例1と同様である。

【0074】上述したように、本発明では、対象形状のうちで形状モデルと同じ数の節点を選択する可能な組み合わせについて変形量を計算することによってマッチング処理を行なうから、たとえば、図35に示すように、溶接する板材を押さえるホルダHが撮像装置3の視野内に入って点列Sに不要な情報が含まれているような場合や、図36に示すように、溶接線の近くに穴が開いて点列Sが不連続部分Gが形成されているような場合を認識することができ、目的とする形状を容易に抽出して認識することができるのである。ここで、穴による不連続部分Gについては、形状を認識すべき区間外であるから、上述の補完処理は行なわない。

【0075】（実施例18）実施例17では、複数種類の形状モデルを1つの対象形状に適用しているから、処理時間が長くなるという問題を有している。そこで、本実施例では、各形状モデルに優先順位を設定しておき、優先順位の高い形状モデルから順に対象形状とのマッチング処理を処理を行ない、そのときの変形量 $E_{total}$ があらかじめ設定されたしきい値以下になった時点で形状モデルの選択を打ち切り、そのときの形状モデルを対象形状に照合す

る形状モデルとするのである。

【0076】たとえば、図34に示す4つの形状モデルの出現頻度がA、B、C、Dの順に高いものとする、この順で各形状モデルを図34（a）に示す対象形状と照合するのであって、図37に示すように、照合の際に変形量についてしきい値を設定しておき、各形状モデルごとに得られた最小変形量としきい値とを比較するのである。比較結果によって、最小変形量がしきい値以下になれば、そのときの形状モデルを最適な形状モデルとしてマッチング処理を行ない、すべての形状モデルについて比較しても最小変形量がしきい値以下にならない場合には、最後に選択した形状モデルを採用する。

【0077】図34の例では、Bの形状モデルを採用したときに最小変形量が最小になるから、Bの形状モデルに対する最小変形量の期待値よりもやや大きい値でしきい値を設定しておけば、他の形状モデルを選択せずにBの形状モデルを採用することができるのである。この場合、C、Dの形状モデルについてはマッチング処理を行なう必要がないとともに最小変形量を求める必要がなく、処理時間が短縮されることになる。

【0078】本実施例の方法は、形状モデルに明瞭な差があるときにとくに有効である。また、対象形状が時系列的に順次入力されるような場合であって、形状モデルの各種類に対応した対象形状の発生確率に偏りがある場合には、過去の照合結果を考慮して形状モデルの優先順位を決定すれば、各形状モデルを選択する回数を減少させることができ、処理時間の短縮につながるのである。他の手順は実施例1と同様である。

【0079】（実施例19）上述した各実施例では、2次元平面における対象形状と形状モデルとの照合を行なっているが、本実施例では3次元空間における対象形状と形状モデルとの照合を行なうように拡張した例を示す。すなわち、基本的には照合すべき特徴量の種類を増やすことによって3次元空間への拡張を行なっているのであって、本実施例では図38に示すように、3次元空間内で1つの基準面（図ではXY平面）Rを設定し、節点 $p_k$ （ $k=0\sim 3$ ）の間を結ぶ各線分 $s_k$ （ $k=0\sim 2$ ）を基準面Rに投影したときのY軸に対する傾き $\theta_k$ （ $k=0\sim 2$ ）と、各線分 $s_k$ の基準面Rに対する傾き $\phi_k$ （ $k=0\sim 2$ ）と、各線分 $s_k$ の長さ $l_k$ （ $k=0\sim 2$ ）とを特徴量として用いている。また、2次元平面での特徴量と同様に、各特徴量について許容範囲

$[l_{mink}, l_{maxk}]$ ,  $[\theta_{mink}, \theta_{maxk}]$ ,  $[\phi_{mink}, \phi_{maxk}]$ と標準値 $l_{stk}$ ,  $\theta_{stk}$ ,  $\phi_{stk}$ とが設定される。標準値 $l_{stk}$ ,  $\theta_{stk}$ ,  $\phi_{stk}$ が次の関係を有することはいうまでもない。

$$l_{mink} < l_{stk} < l_{maxk}$$

$$\theta_{mink} < \theta_{stk} < \theta_{maxk}$$

$$\phi_{mink} < \phi_{stk} < \phi_{maxk}$$

上述のように特徴量の種類を増やすことによって、3次

元空間に存在する点列Sについても対象形状と形状模型との照合が可能になるのである。ここにおいて、点列Sについて3次元情報を獲得する方法としては、実施例1のような光切断法を用いるもののほか、複数台の撮像装置3を用い各撮像装置3の視差に基づいて3次元情報を得るステレオビジョンを採用することができる。このような3次元空間での照合を可能とすることによって、たとえば、直方体状の対象物1や円柱状の対象物1について、図39(a)に示すような点列Sが得られたときに、直方体状の対象物1の角部を認識することが可能になる。すなわち、図39(b)のように、形状模型として直方体状の対象物1の1つの角部を節点 $p_0$ とし、この角部に隣合う3個の角部を節点 $p_1 \sim p_3$ とし、節点 $p_0$ と他の節点 $p_1 \sim p_3$ とを結ぶ3本の線分を線素 $s_1 \sim s_3$ とすることによって、節点 $p_0$ に対応した角部を認識することが可能になるのである。

【0080】本実施例のように3次元空間での照合を行なう場合であっても、実施例3と同様に部分楕円を線素 $s_k$ として用いることが可能であって、線素 $s_k$ の長さ $l_k$ にはは長径と偏平度とを用いればよく、線素 $s_k$ を基準面Rに投影したときの傾き $\theta_k$ および線素 $s_k$ の基準面Rに対する傾き $\phi_k$ には、長軸ないし短軸を基準面Rに投影したときの傾きと、長軸ないし短軸の基準面Rに対する傾きとを用いればよい。他の手順については実施例1と同様である。

【0081】(実施例20) 上述した各実施例では、対象形状と形状模型との画像内での座標がほぼ一致すると仮定したものであったが、対象物1の位置によっては対象形状は形状模型に対して平行移動や回転移動をすることになる。平行移動の場合には、線素 $s_k$ の長さ $l_k$ 、線素 $s_k$ の傾き $\theta_k$ が変化することはないから座標変換のみで対象形状を形状模型に照合することが可能であるが、回転移動の場合には、基準線の回転量を特定することができないから線素 $s_k$ の傾き $\theta_k$ を求めることができないものである。すなわち、対象形状が形状模型に対して回転移動していると、上述した特徴量を用いても対象形状と形状模型とを照合することができないことになる。

【0082】本実施例では、このような問題を解決するために、図40に示すように、傾き $\theta_k$ に代えて、隣合う一対の線素 $s_k$ が挟む角度 $\phi_k$  ( $k=0 \sim 3$ ) を特徴量に用いているのである。この角度 $\phi_k$ は対象形状が回転移動したとしても変化することがないから、回転移動している対象形状についても形状模型との照合が可能になるのである。ここに、特徴量については許容範囲 $[l_{\min k}, l_{\max k}]$ ,  $[\phi_{\min k}, \phi_{\max k}]$ と標準値 $l_{stk}$ ,  $\phi_{stk}$ とが設定される。また、標準値 $l_{stk}$ ,  $\phi_{stk}$ は、次の関係を有している。

$$l_{\min k} < l_{stk} < l_{\max k}$$

$$\phi_{\min k} < \phi_{stk} < \phi_{\max k}$$

上述のように線素 $s_i$ の長さ $l_i$ と相対的な位置関係としての角度 $\phi_i$ を特徴量として用いることで基準線が不要になり、対象形状の方向性による拘束が除去されるのである。すなわち、図41のように、対象形状が形状模型に対して回転移動していても照合が可能になるのである。ここにおいて、角度 $\phi_i$ は、一対の線素 $s_i$ の傾き $\theta_i$ の差として求めるようにしてもよい。すなわち、一対の線素 $s_i, s_j$ についての角度 $\phi_i$ を、 $\phi_i = |\theta_i - \theta_j|$ としてもよい。この場合に、傾き $\theta_i$ の取り方には方向性が必要であって、たとえば各線素 $s_i$ について傾き $\theta_i$ を求めるときに節点 $p_i$ の右側に基準線と平行線を取り、この平行線から右回りでのみ傾き $\theta_i$ を取ったり、この平行線から右回りでは傾き $\theta_i$ を正、左回りでは負とするように符号を付与したりする必要がある。

【0083】本実施例の技術思想は、実施例19のような3次元空間での照合にも適用可能であって、本実施例での形状模型は、図42に示すように、各線素 $s_k$ を基準面(XY平面)Rに投影した直線のY軸方向に対する傾き $\theta_k$ ではなく、節点 $p_0$ を挟んで隣合う一対の直線間の角度 $\phi_k$ で表し、また、各線素 $s_k$ について基準面Rに対する傾き $\phi_k$ ではなく、各一対の線素 $s_k$ の傾き $\phi_k$ の差 $\delta_k$ で表すようにしてある。すなわち、2本の線素 $s_i, s_j$ の傾き $\phi_i, \phi_j$ の差 $\delta_k$ は、 $\delta_k = \phi_i, \phi_j$ として求めることができる。ただし、差 $\delta_k$ を求めるにあたって線素 $s_k$ が基準面Rに対して負側にあるときには、傾き $\phi_k$ に負符号を付与する。たとえば、図42に示した例では、節点 $p_0$ と節点 $p_3$ とを結ぶ線素 $s_3$ は基準面Rに対して負側に位置するから傾き $\phi_3$ は負符号になり、基準面Rに対して正側に位置する線素 $s_1$ の傾き $\phi_1$ との差 $\delta_3$ を求めると、 $\delta_3 = |\phi_3 - \phi_1| = \phi_1 + |\phi_3|$ になる。

【0084】各特徴量については、他の実施例と同様に、許容範囲 $[l_{\min k}, l_{\max k}]$ ,  $[\phi_{\min k}, \phi_{\max k}]$ ,  $[\delta_{\min k}, \delta_{\max k}]$ と標準値 $l_{stk}$ ,  $\phi_{stk}$ ,  $\delta_{stk}$ とが設定され、また、標準値 $l_{stk}$ ,  $\phi_{stk}$ ,  $\delta_{stk}$ は、次の関係を有している。

$$l_{\min k} < l_{stk} < l_{\max k}$$

$$\phi_{\min k} < \phi_{stk} < \phi_{\max k}$$

$$\delta_{\min k} < \delta_{stk} < \delta_{\max k}$$

他の手順については実施例1と同様である。なお、本実施例の手順は、対象形状が回転移動したことを検出する必要がある場合(回転を不良ないし異常として検出する必要がある場合など)には、本実施例の方法を採用することができないので、そのような場合には、傾き $\theta_i, \phi_i$ を用いた形状模型を用いることが必要である。しかるに、傾き $\theta_i, \phi_i$ の差 $\phi_i, \delta_i$ を用いるようにすれば、傾き $\theta_i, \phi_i$ とその差 $\phi_i, \delta_i$ との両方をデータとして持つことが可能になり、回転移動の検出の要

否に応じてデータを選択して対象形状と形状模型との照合を行なうことが可能になる。

#### 【0085】

【発明の効果】本発明は上述のように、対象形状が2次元平面上の点列で表され、かつ形状模型が有限個の節点と線素との組として表されているのであって、各線素の特徴量について標準値と標準値を内包する許容範囲とを設定し、対象形状に関して標準値との差および許容範囲との関係に基づいて形状模型との一致の程度を評価するので、設定された許容範囲内では一致の程度が高いと判断すれば、対象形状の特徴量が多少変動してもこの変動分を吸収することができるという利点がある。

【0086】請求項4の発明は、対象形状が3次元空間の点列で表される形状である場合への拡張であって、請求項1における2次元平面の場合と同様に扱うことができるのである。請求項2や請求項5の発明では、形状模型を節点と線素とで表し、各線素についての特徴量として傾きを用いることで、回転移動を含まない照合を行なうことができる。また、請求項3や請求項6の発明のように、各線素の間の角度を特徴量に用いることで、回転移動を含む対象形状についても照合を行なうことが可能になる。

【0087】請求項7や請求項8の発明は、特徴量について許容範囲に対する超過分や不足分を加味した変形量を対象形状と形状模型との一致程度の評価に用いるので、対象形状の形状模型に対する差異を適合・不適合といった2値的な判断ではなく、連続的な変形量として評価することができるという効果がある。しかも、特徴量について形状模型の全体で累計するから、対象形状から選択した節点により形作られる形状と形状模型との差異を全体的に評価することができるという効果を奏する。

【0088】また、対象形状の上のすべての点と形状図形との最小距離の平均値をポテンシャル変形成分として、このポテンシャル変形成分を変形量の成分として加味しているので、形状模型が許容範囲を持っても高い認識精度が得られるという利点がある。請求項9、請求項10、請求項11、請求項16、請求項17、請求項18、請求項19のような方法を採用すれば、不要な計算を除外することができマッチング処理が効率化されるという利点がある。

【0089】請求項12、請求項13の方法を用いれば、対象形状から選択した節点が照合しようとする形状模型の節点の個数よりも少ない場合に、対象形状から形状模型との照合が可能になるように節点を抽出することができるという利点がある。請求項14、請求項15の方法を用いれば、対象形状に不連続部分が含まれていても処理が可能である。

【0090】請求項14の方法によれば、形状認識の過程を複数段階に分け、最初に粗い形状認識を行なった後に、その結果を利用して詳細な形状認識が行なえるか

ら、形状認識の精度を高めることができるという効果がある。請求項23、請求項24の方法によれば、対象形状と形状模型との一致程度を評価できるという利点がある。

【0091】請求項25、請求項26の方法では、複数種類の対象形状を識別することが可能になるという利点がある。

#### 【図面の簡単な説明】

【図1】実施例1の動作説明図である。

【図2】実施例1における変形量の概念を説明する図である。

【図3】実施例1におけるマッチング処理の例を示す説明図である。

【図4】実施例1におけるマッチング処理を示す動作説明図である。

【図5】実施例に用いる装置の概略構成図である。

【図6】図5に示した装置により点列を得る過程を示す図である。

【図7】実施例1の折れ線近似処理の概念を示す図である。

【図8】実施例1の点列の例を示す図である。

【図9】実施例1の形状模型の例を示す図である。

【図10】実施例2で用いるハフ変換の概念を説明する図である。

【図11】実施例3の形状模型の例を示す図である。

【図12】実施例4における点列の補完処理を説明する図である。

【図13】実施例5の処理過程の概念を示す図である。

【図14】実施例5の処理過程を示す動作説明図である。

【図15】実施例6の処理過程の概念を示す図である。

【図16】実施例6の処理過程を示す動作説明図である。

【図17】実施例7に用いる形状模型を示す図である。

【図18】実施例7の適用例を示す図である。

【図19】実施例8の変形量の概念を説明する図である。

【図20】実施例9の適用例を示す斜視図である。

【図21】実施例9の処理過程の概念を説明する図である。

【図22】実施例9の動作説明図である。

【図23】実施例10の処理過程を示す動作説明図である。

【図24】実施例11での処理結果の概念を説明する図である。

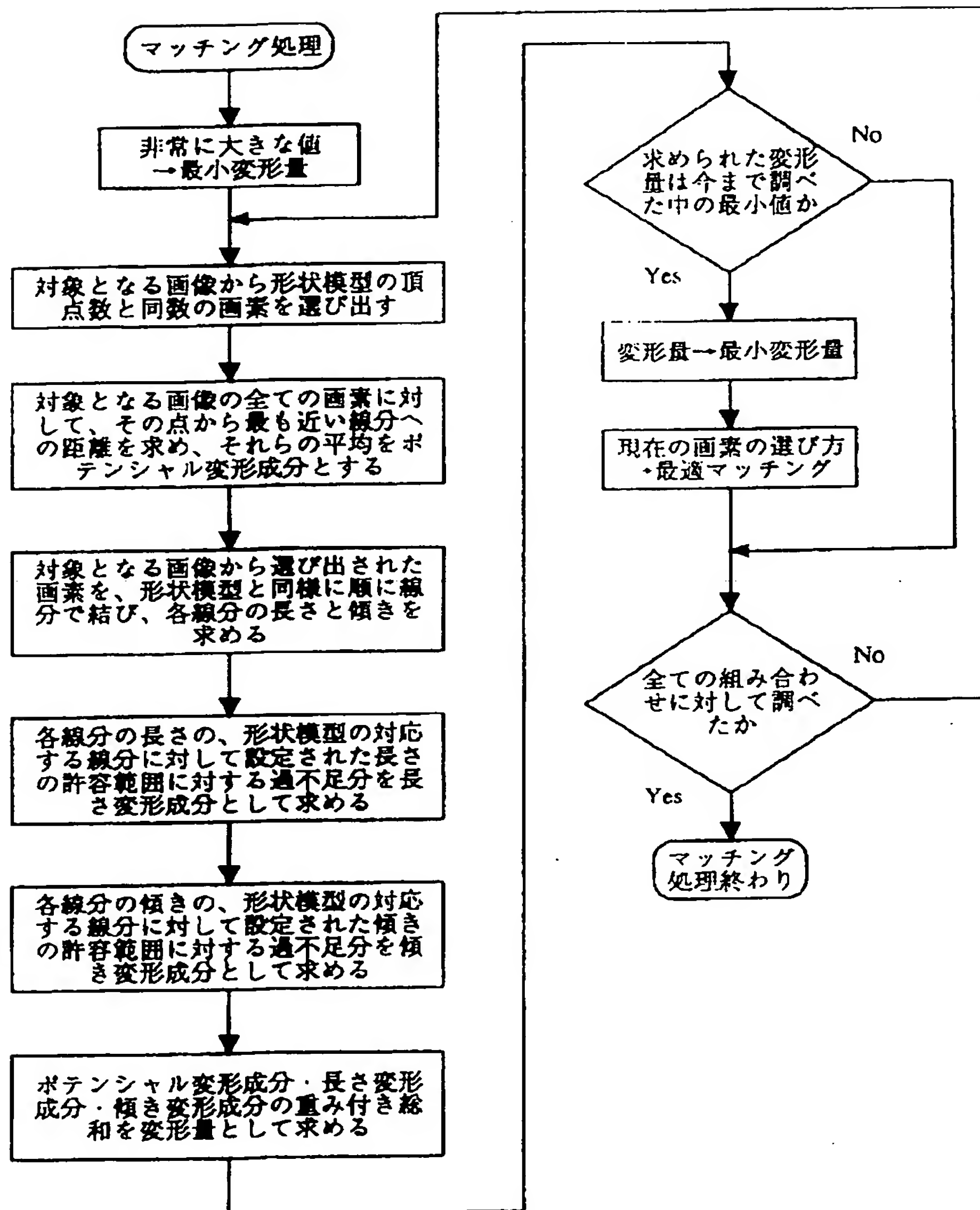
【図25】実施例11の処理過程の概念を示す図である。

【図26】実施例11の全体の処理過程を示す動作説明図である。

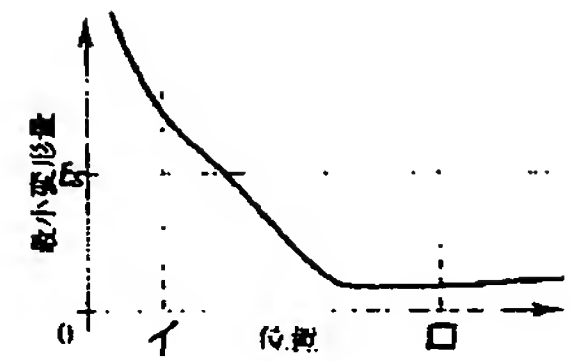
【図27】実施例11の要部の処理過程を示す動作説明



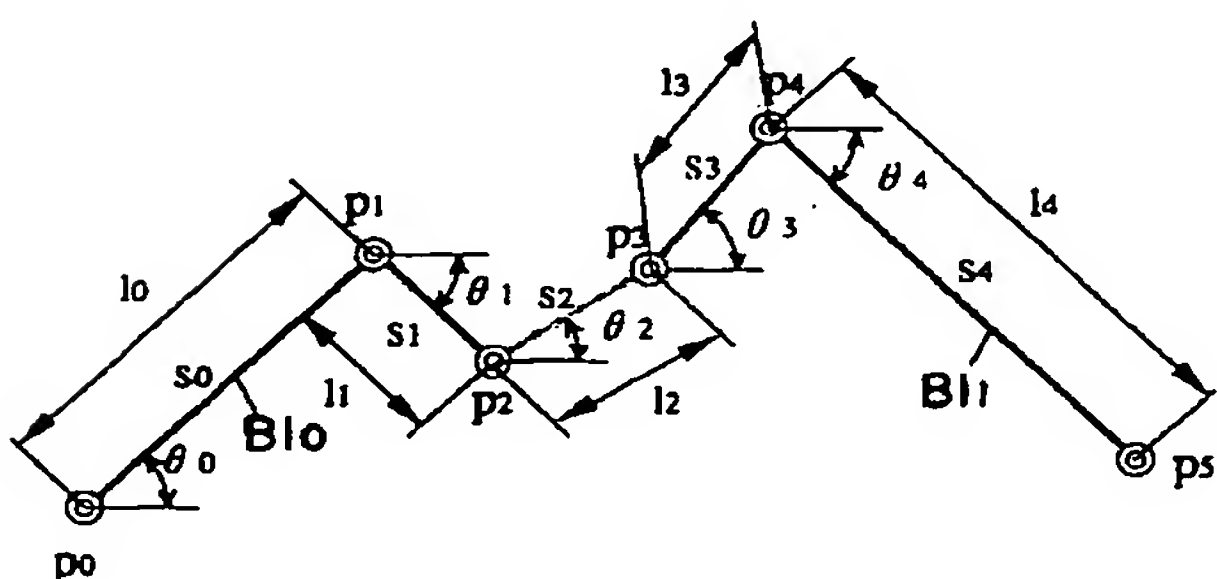
【図 1】



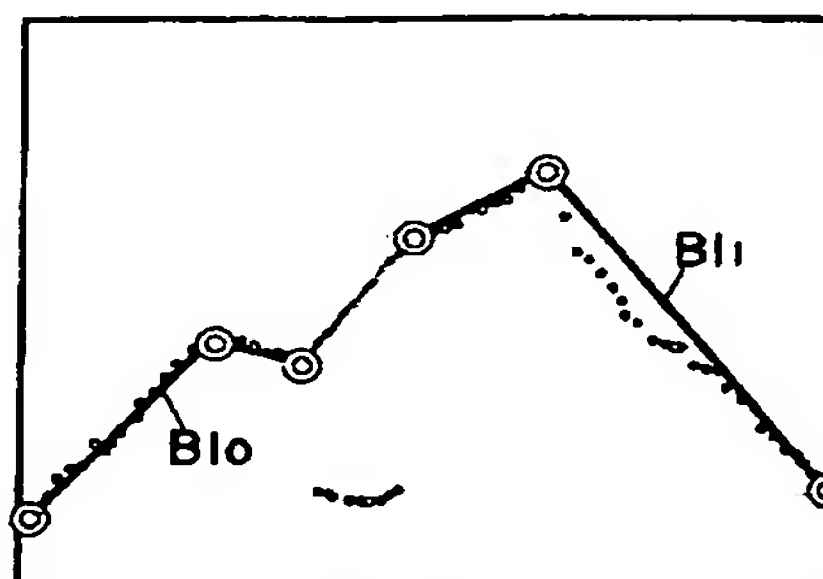
【図 2 2】



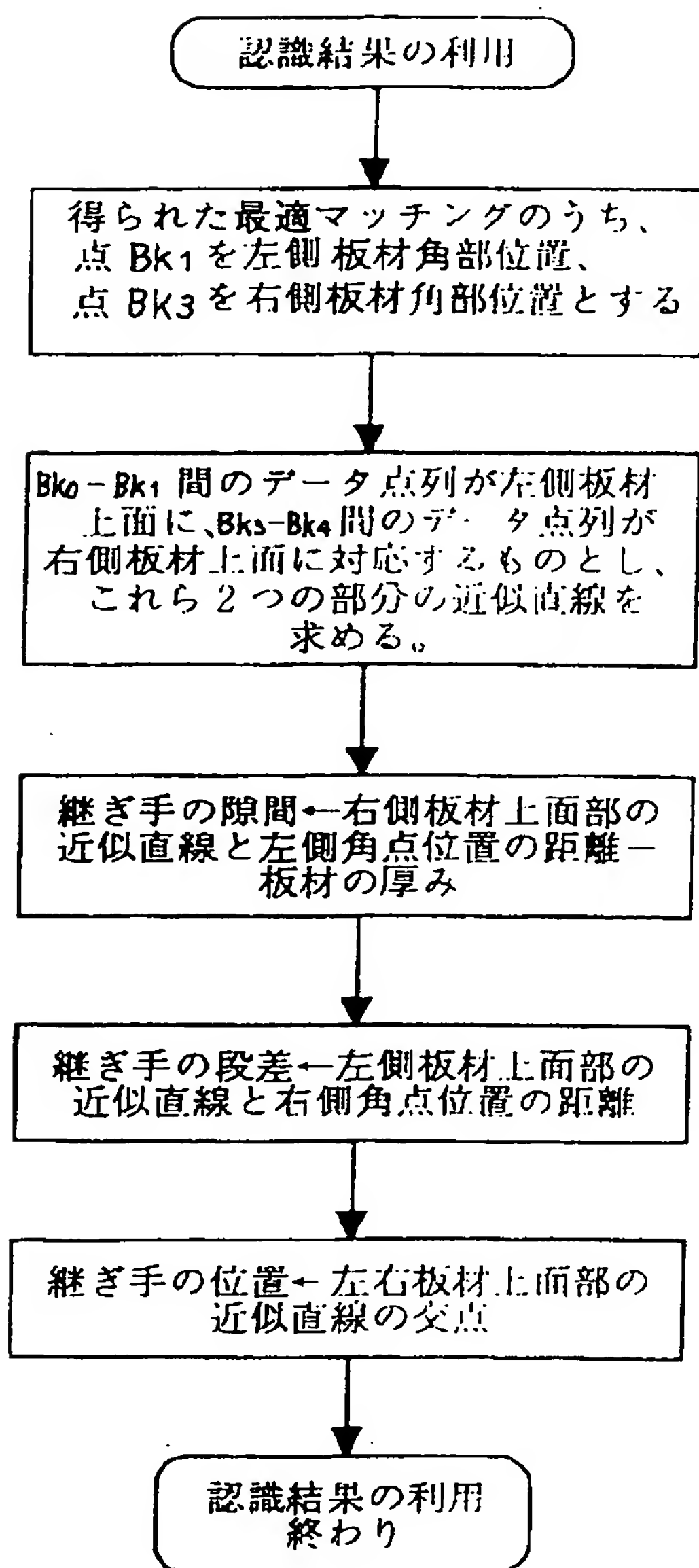
【図 1 7】



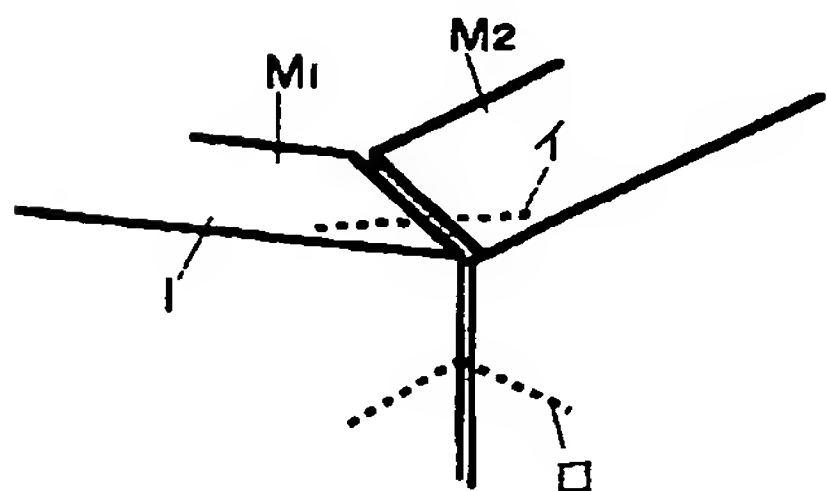
【図 1 8】



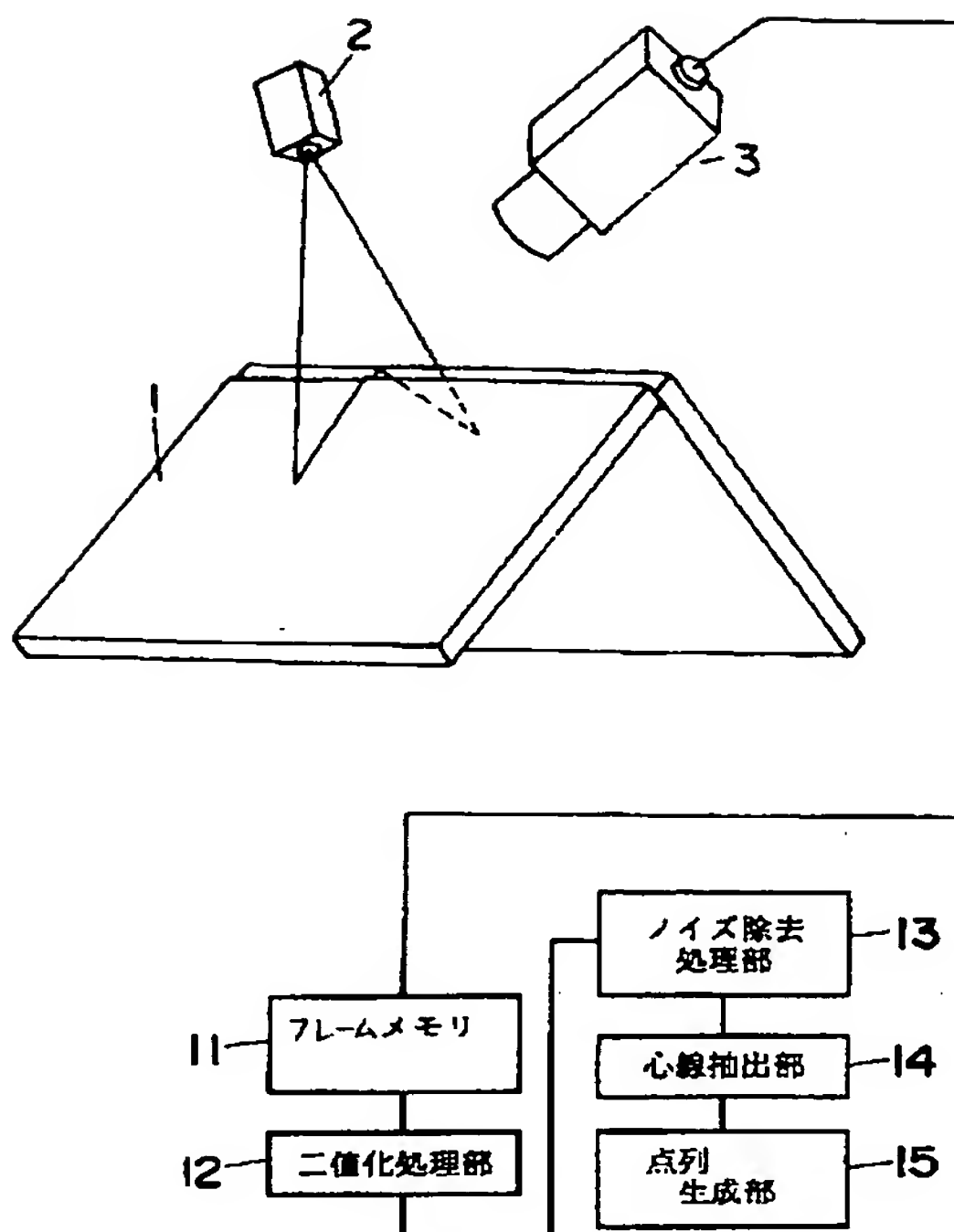
【図 4】



【図 20】

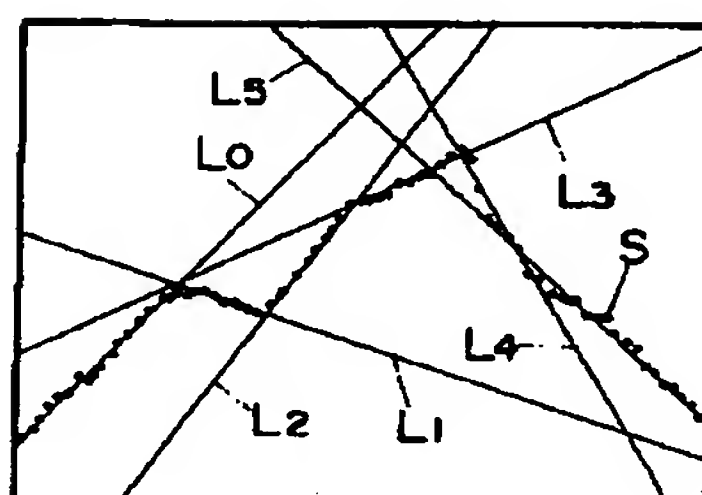


【図 5】

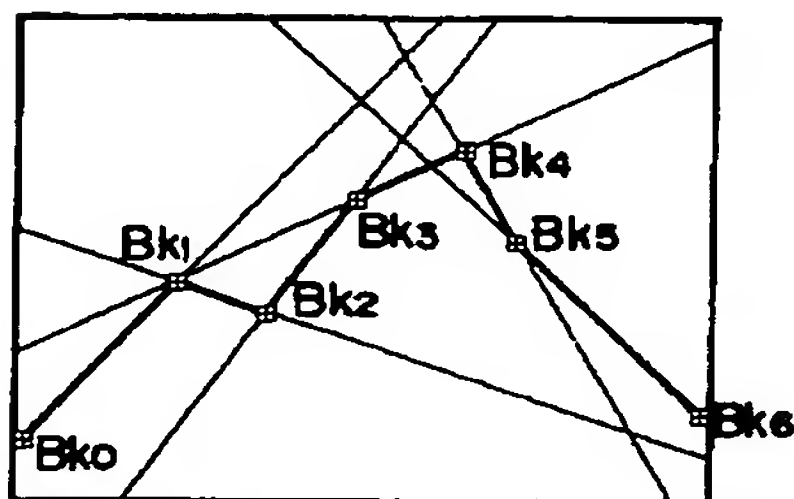


【図 10】

(a)

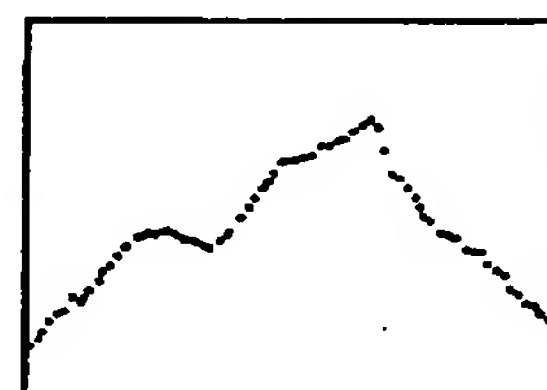


(b)

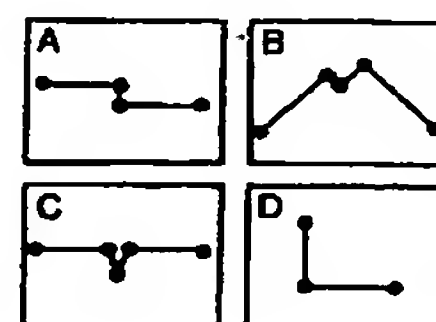


【図 34】

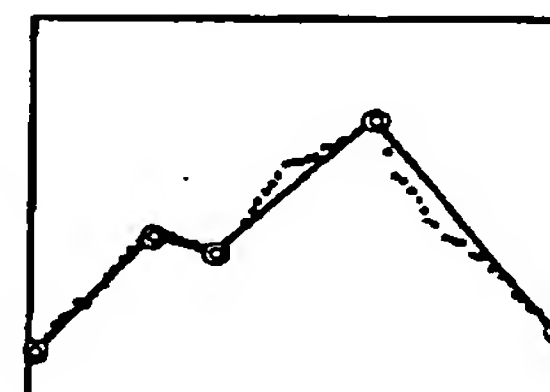
(a)



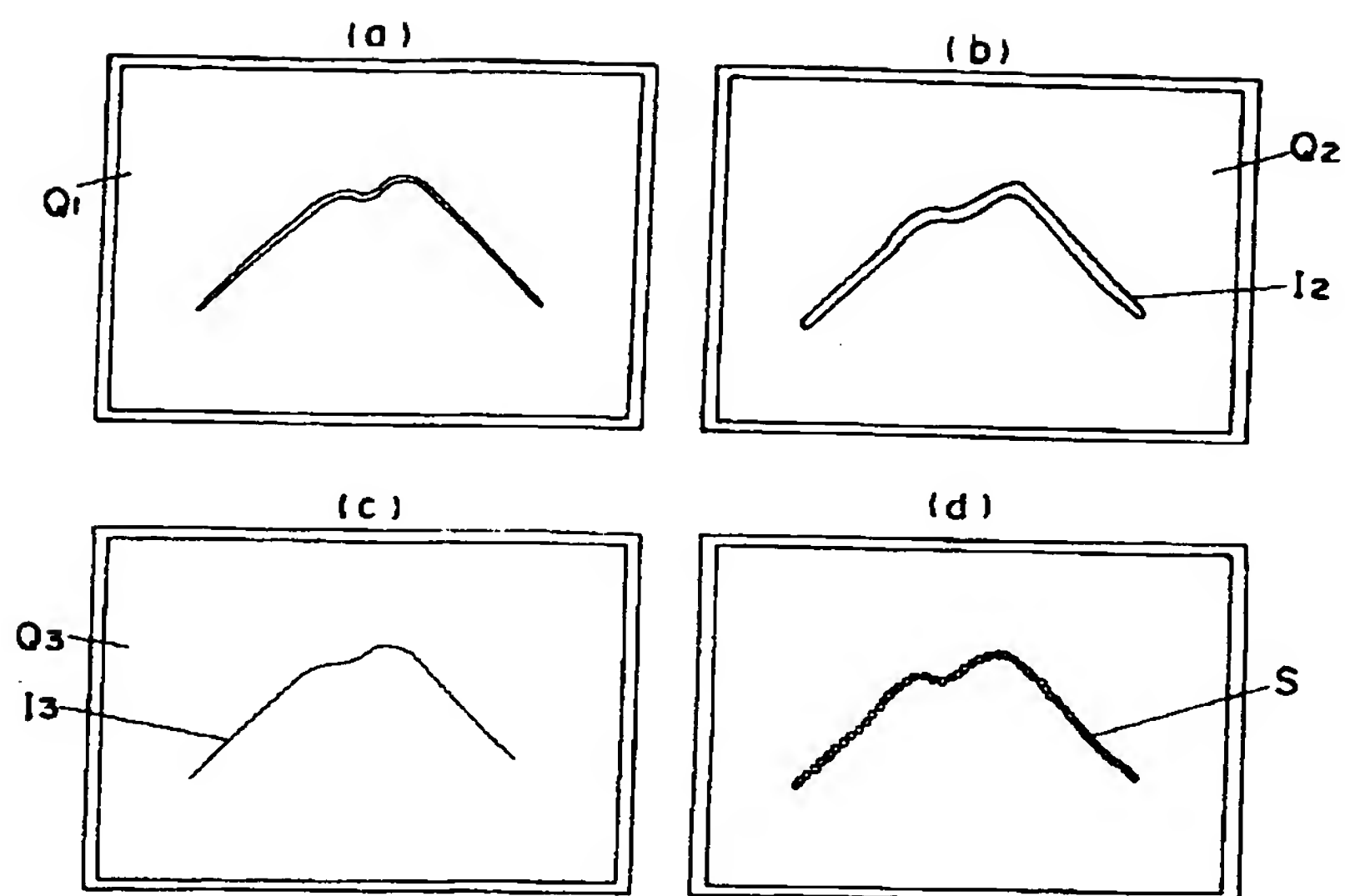
(b)



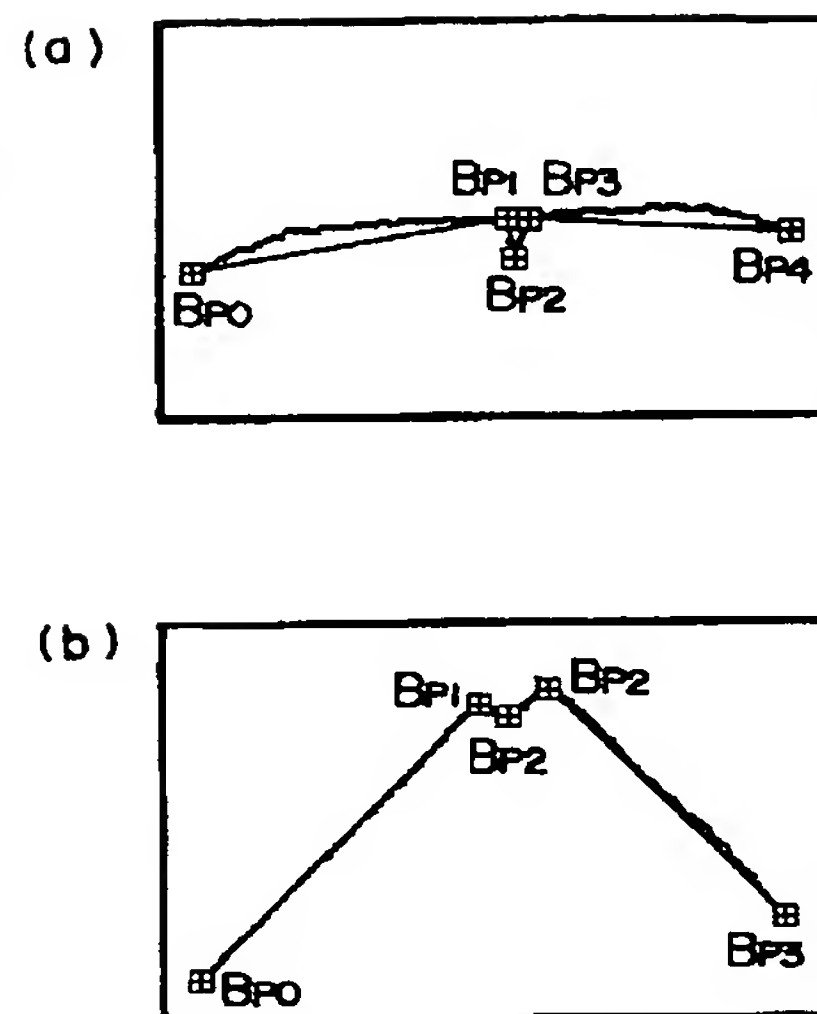
(c)



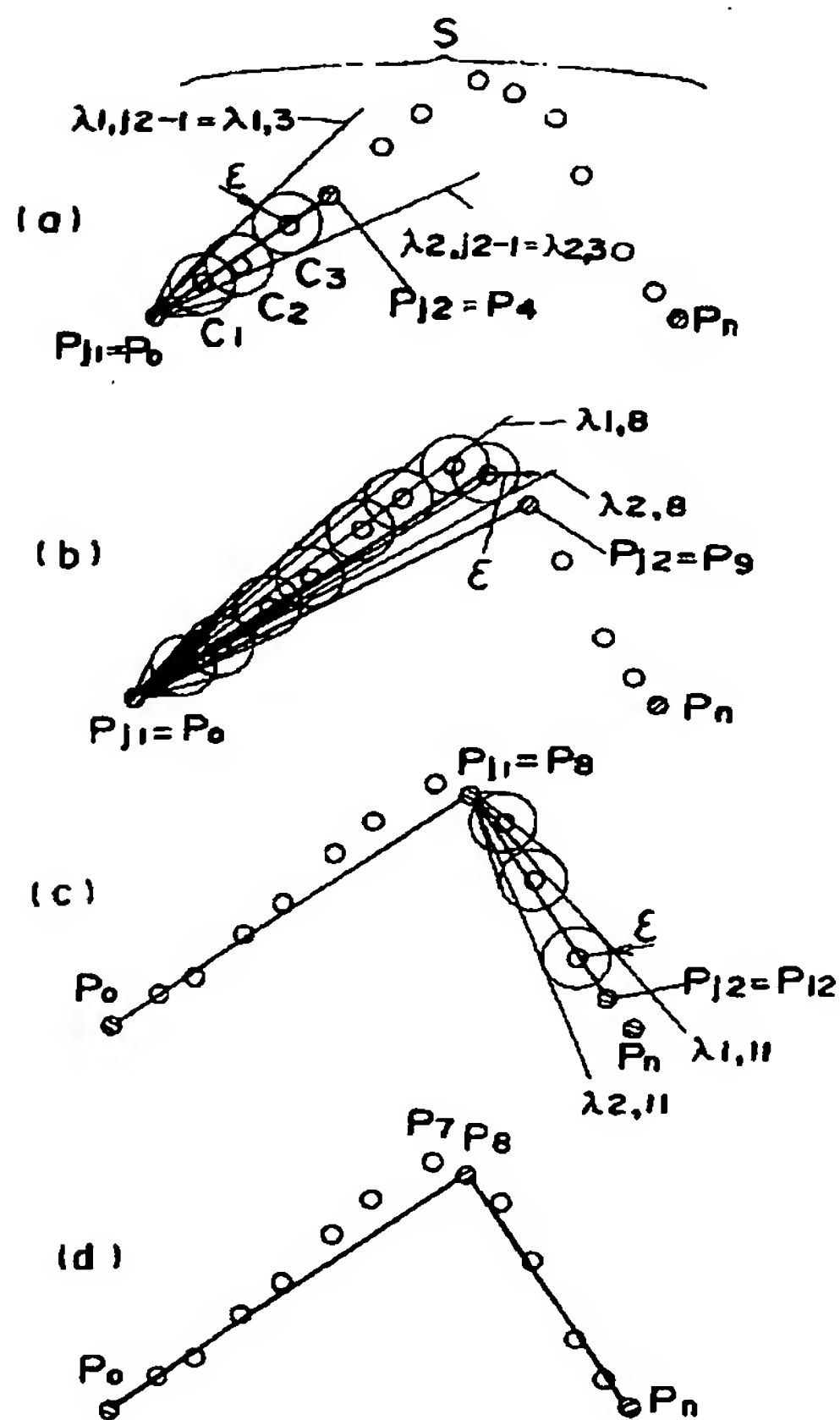
【図6】



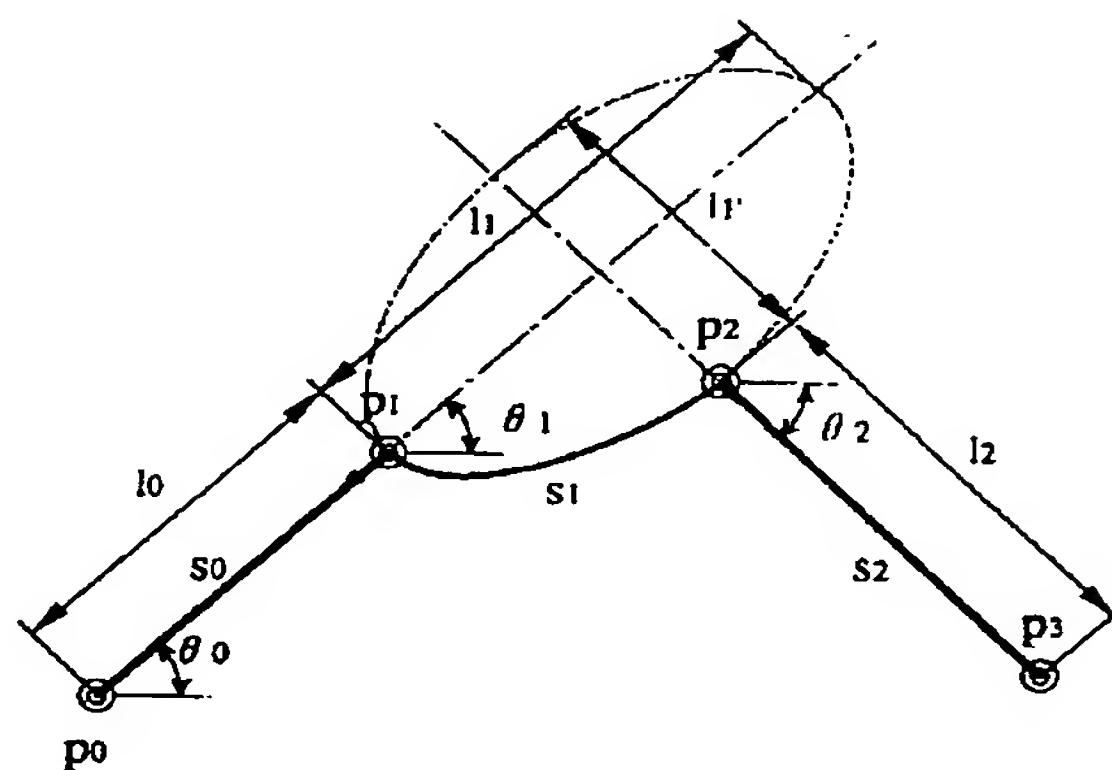
【図21】



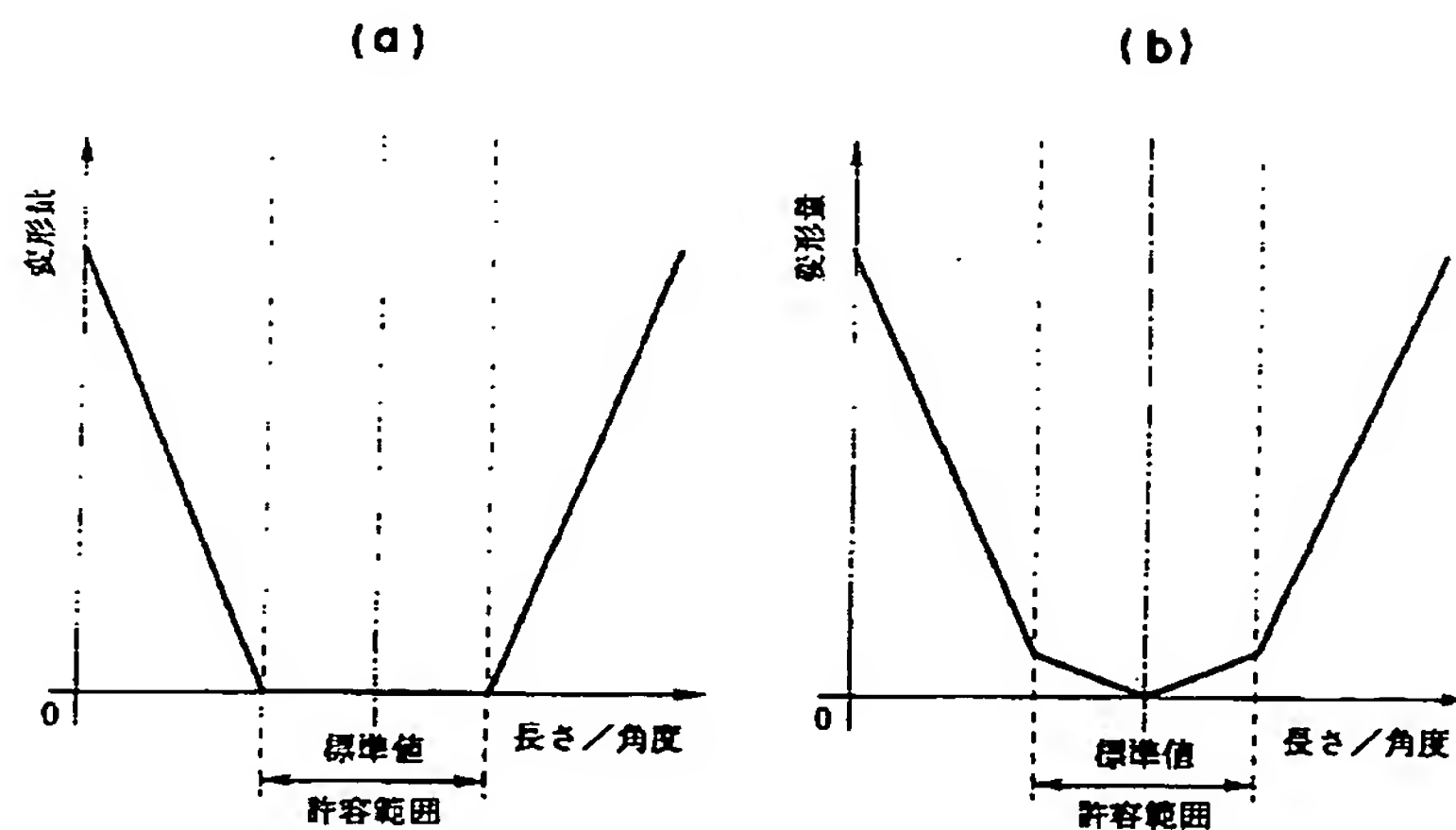
【図7】



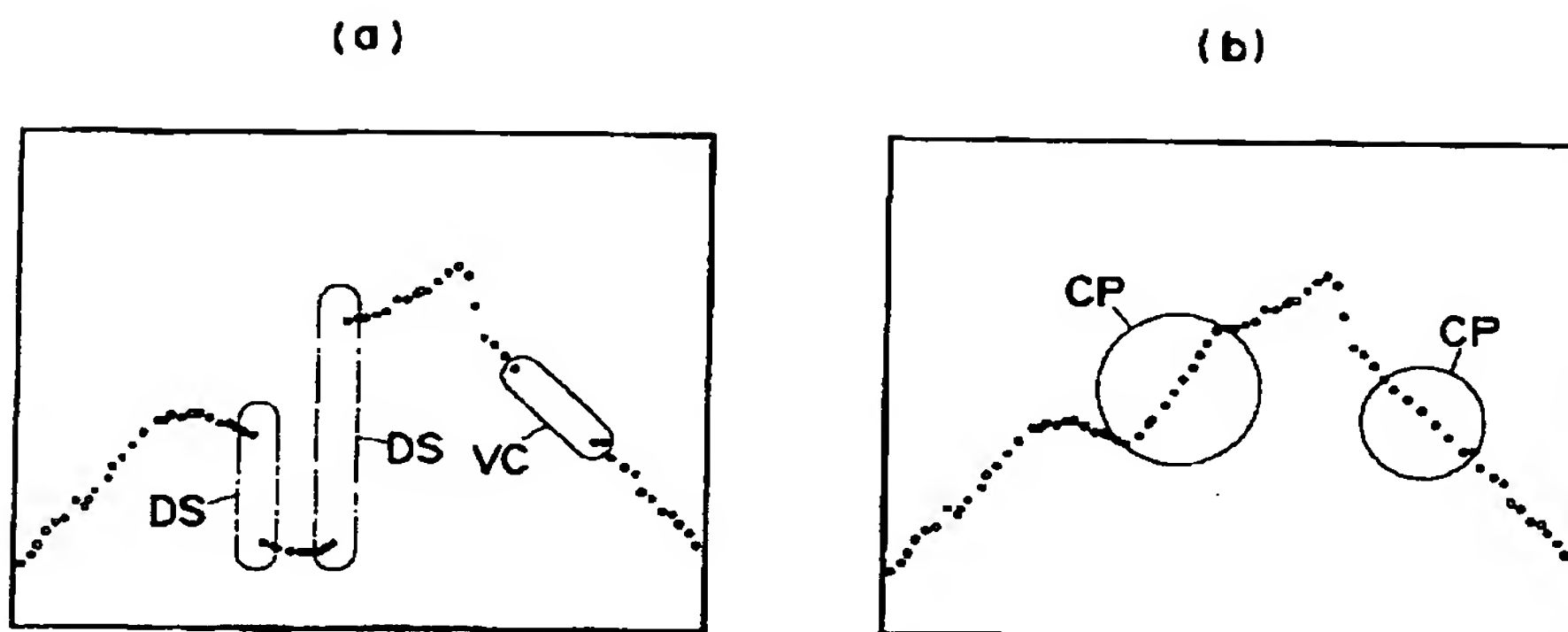
【図11】



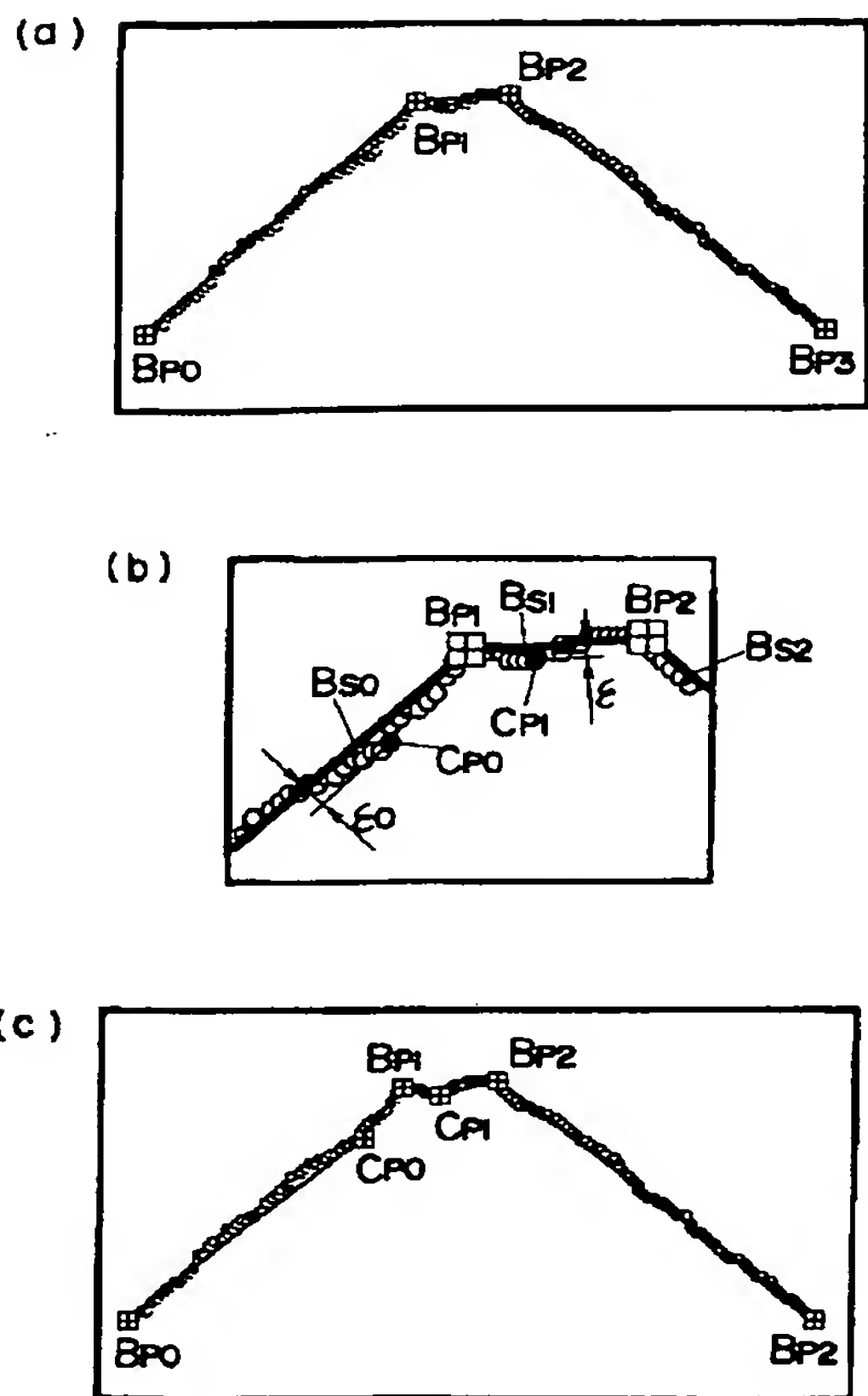
【図19】



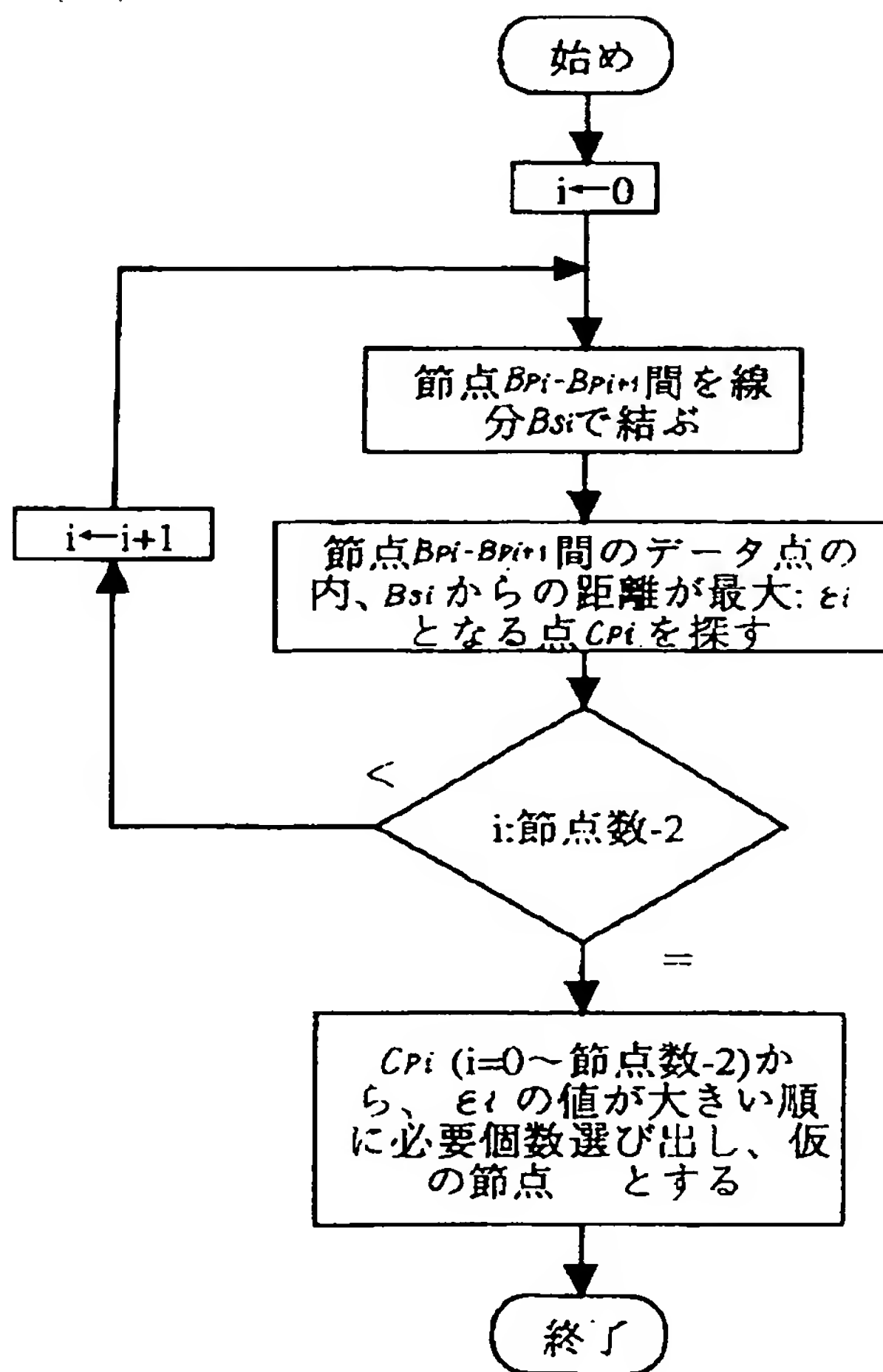
【図12】



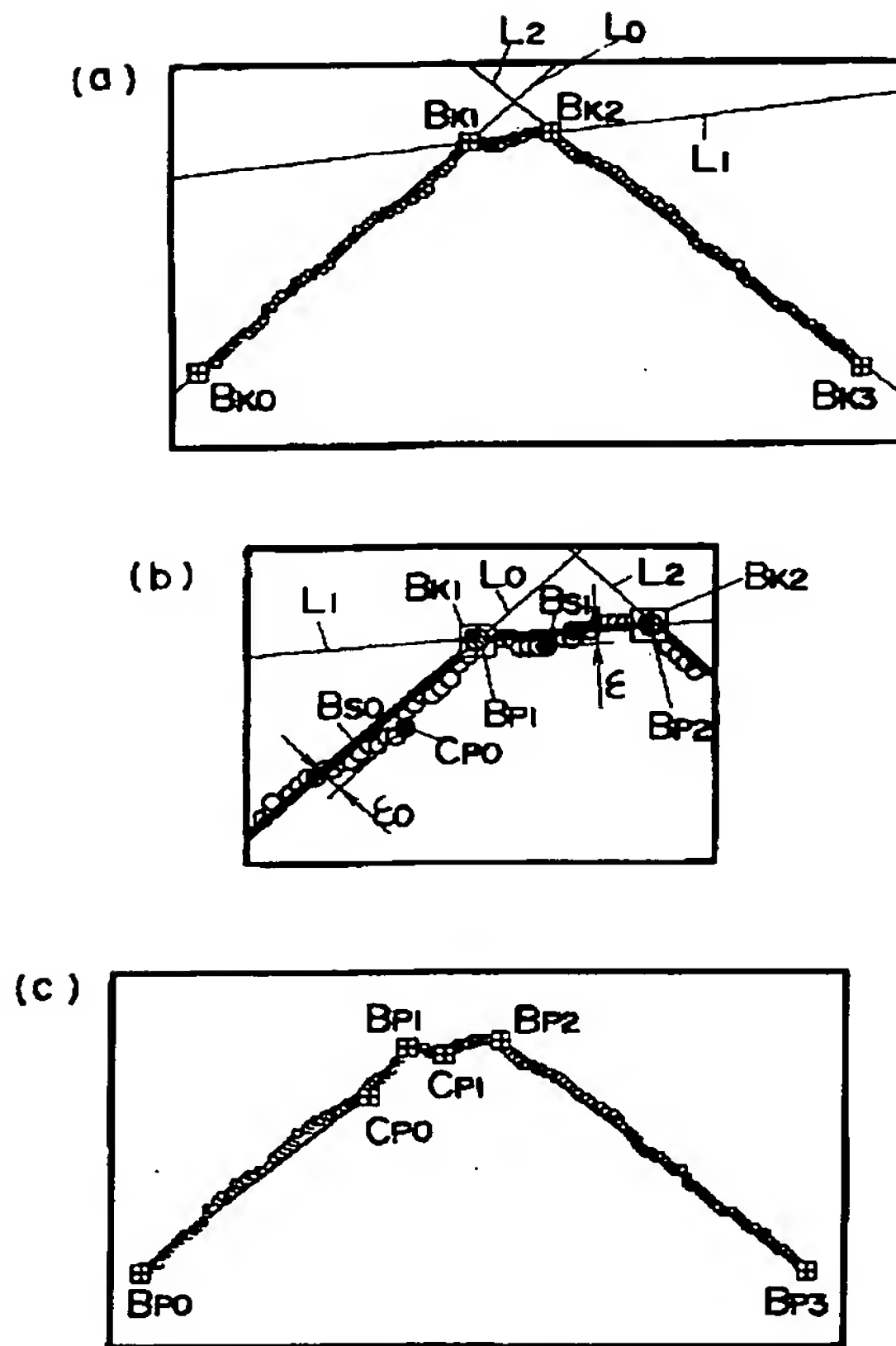
【図13】



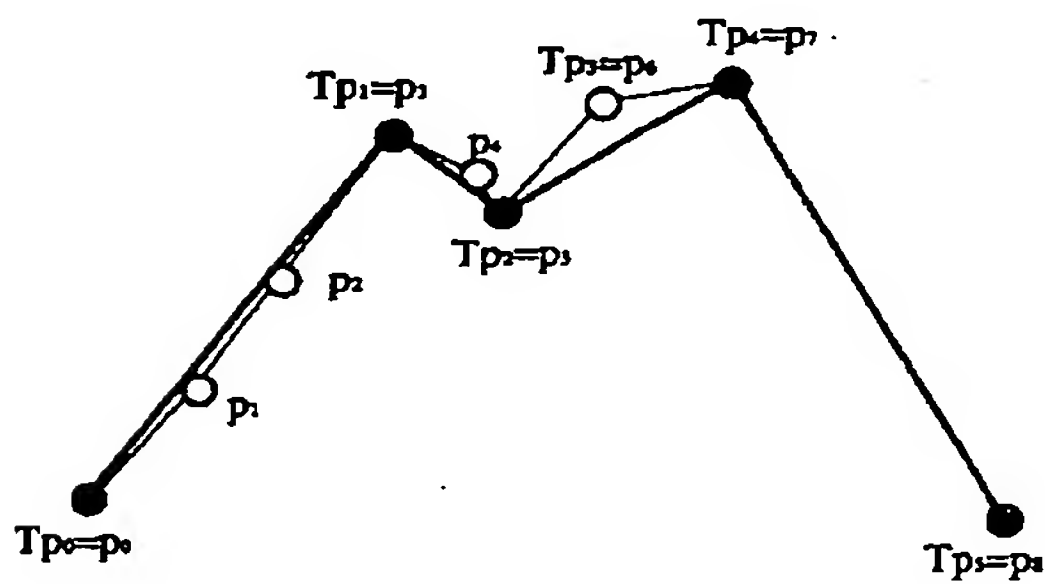
【図14】



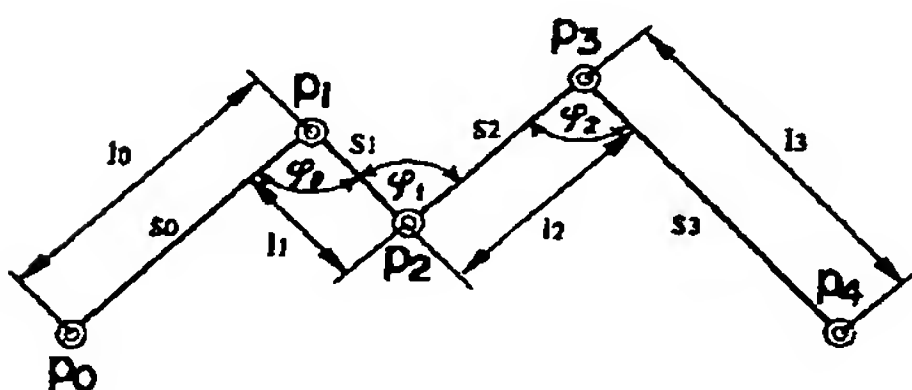
【図15】



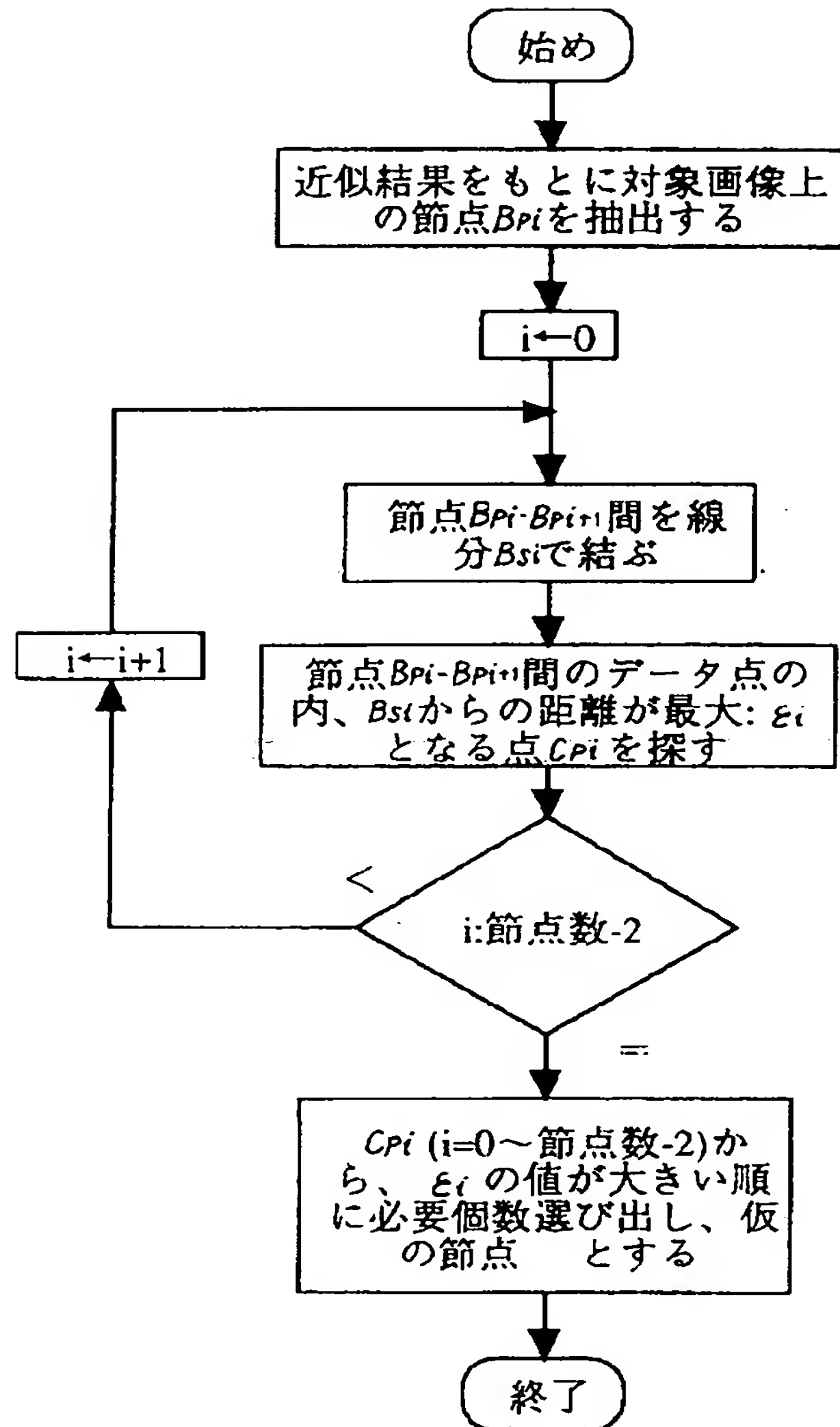
【図24】



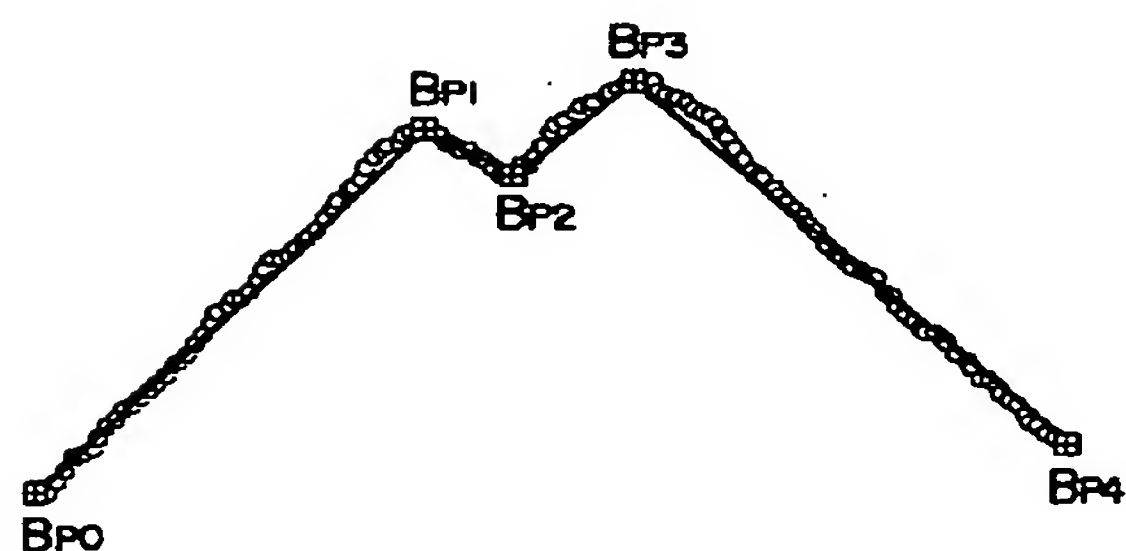
【図40】



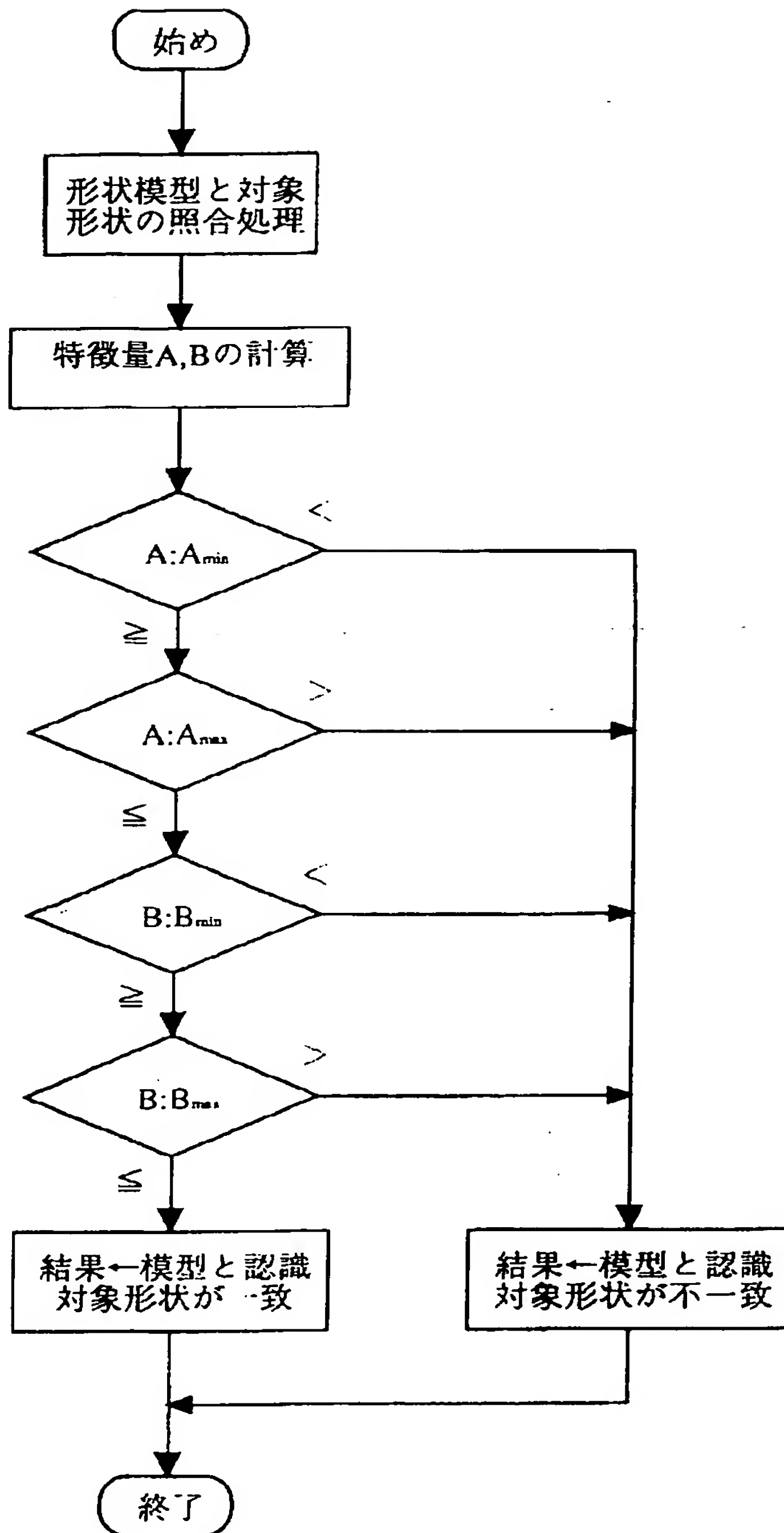
【図16】



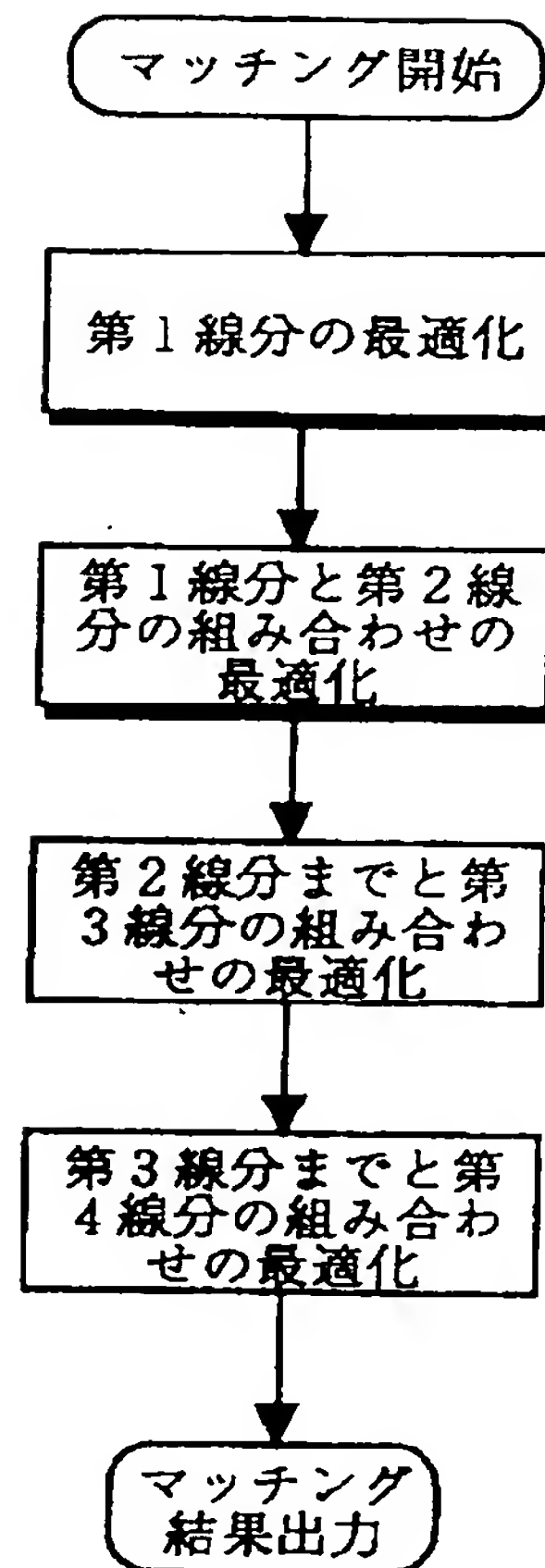
【図31】



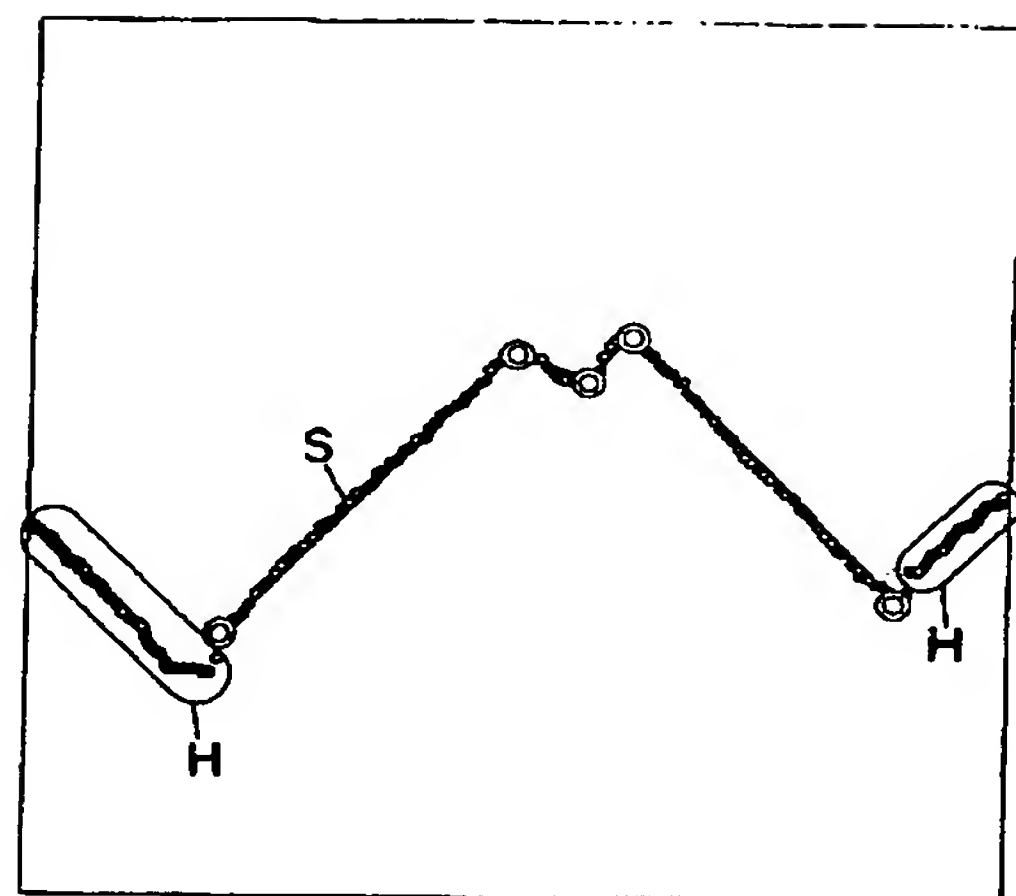
【図 23】



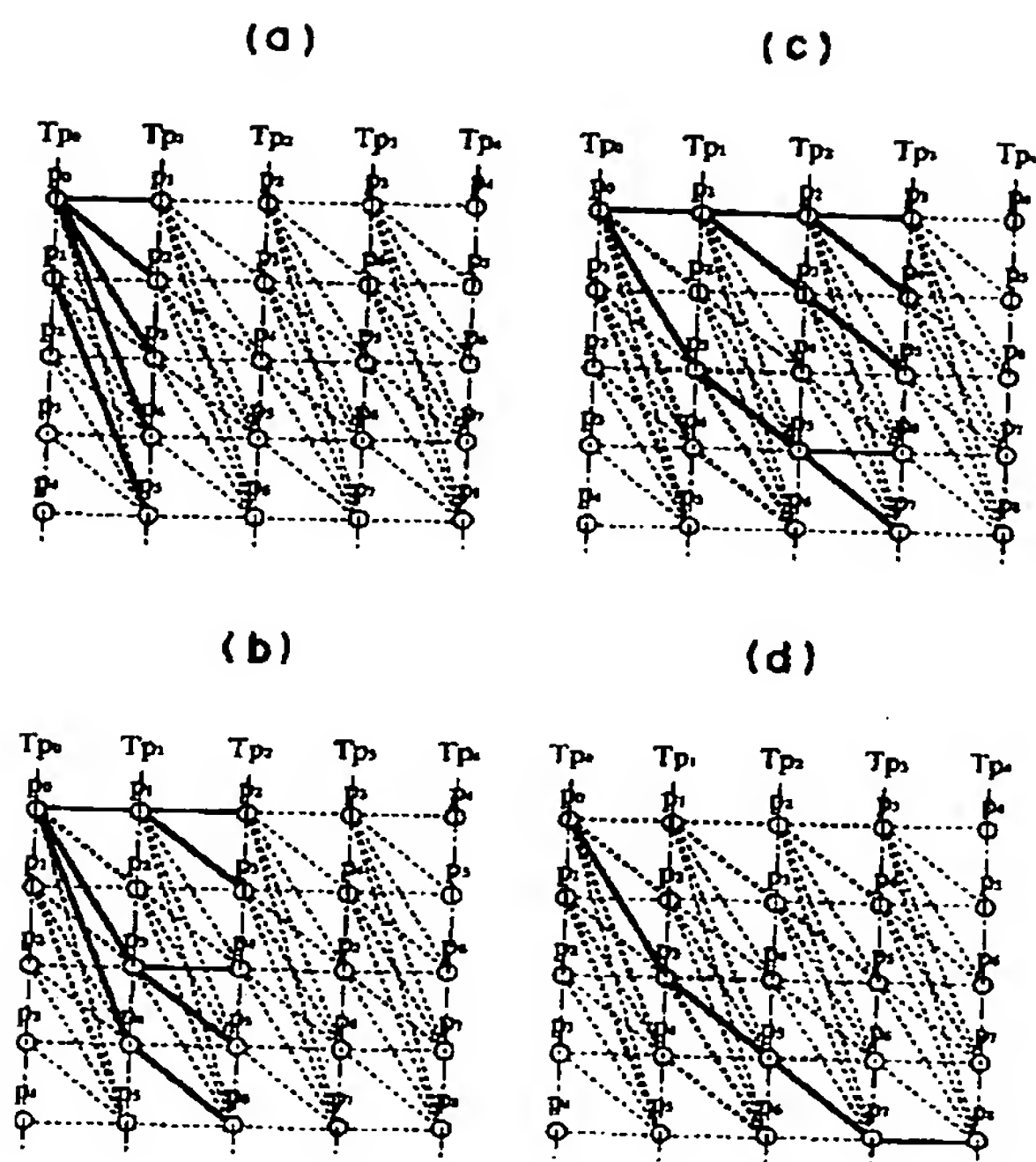
【図 26】



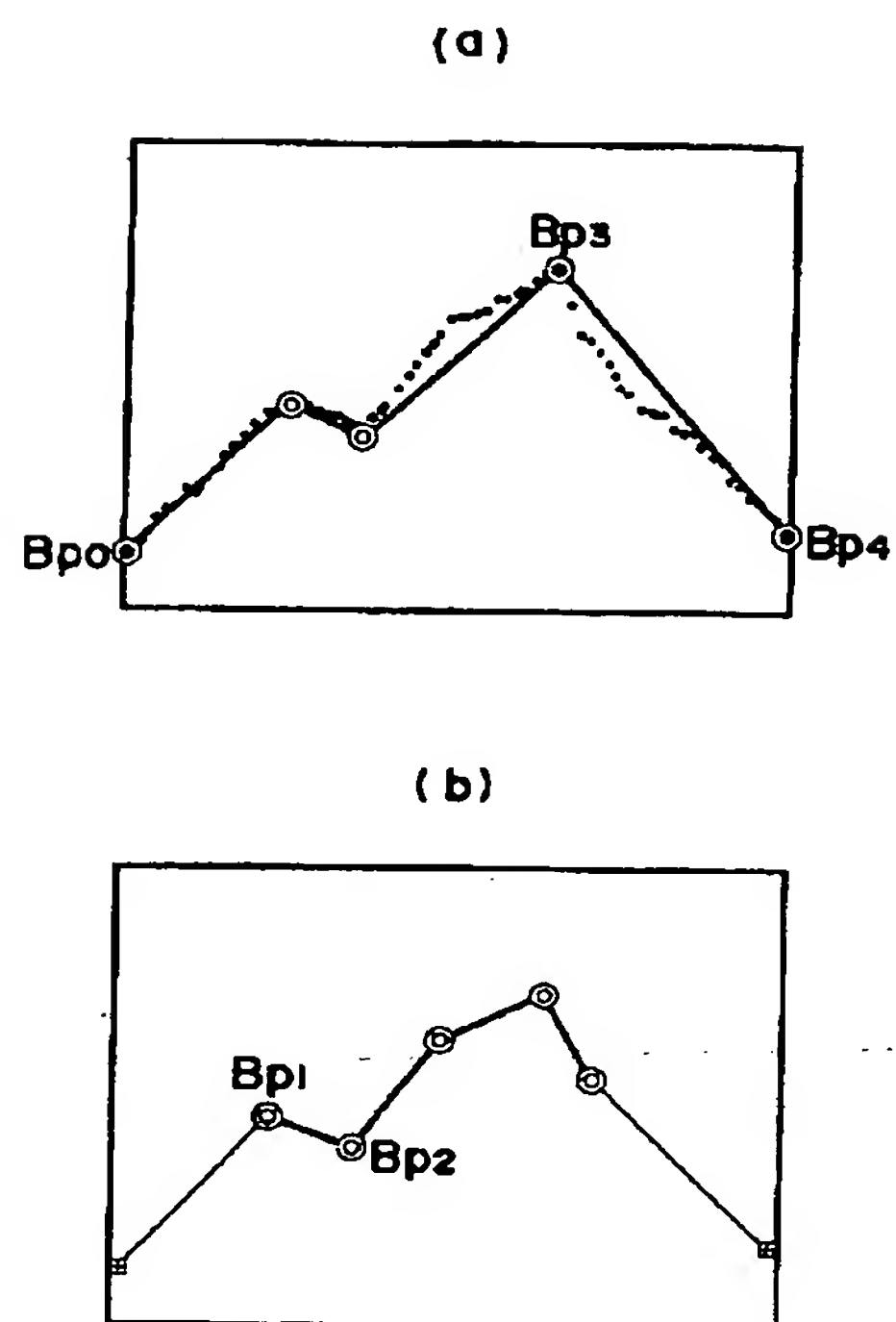
【図 35】



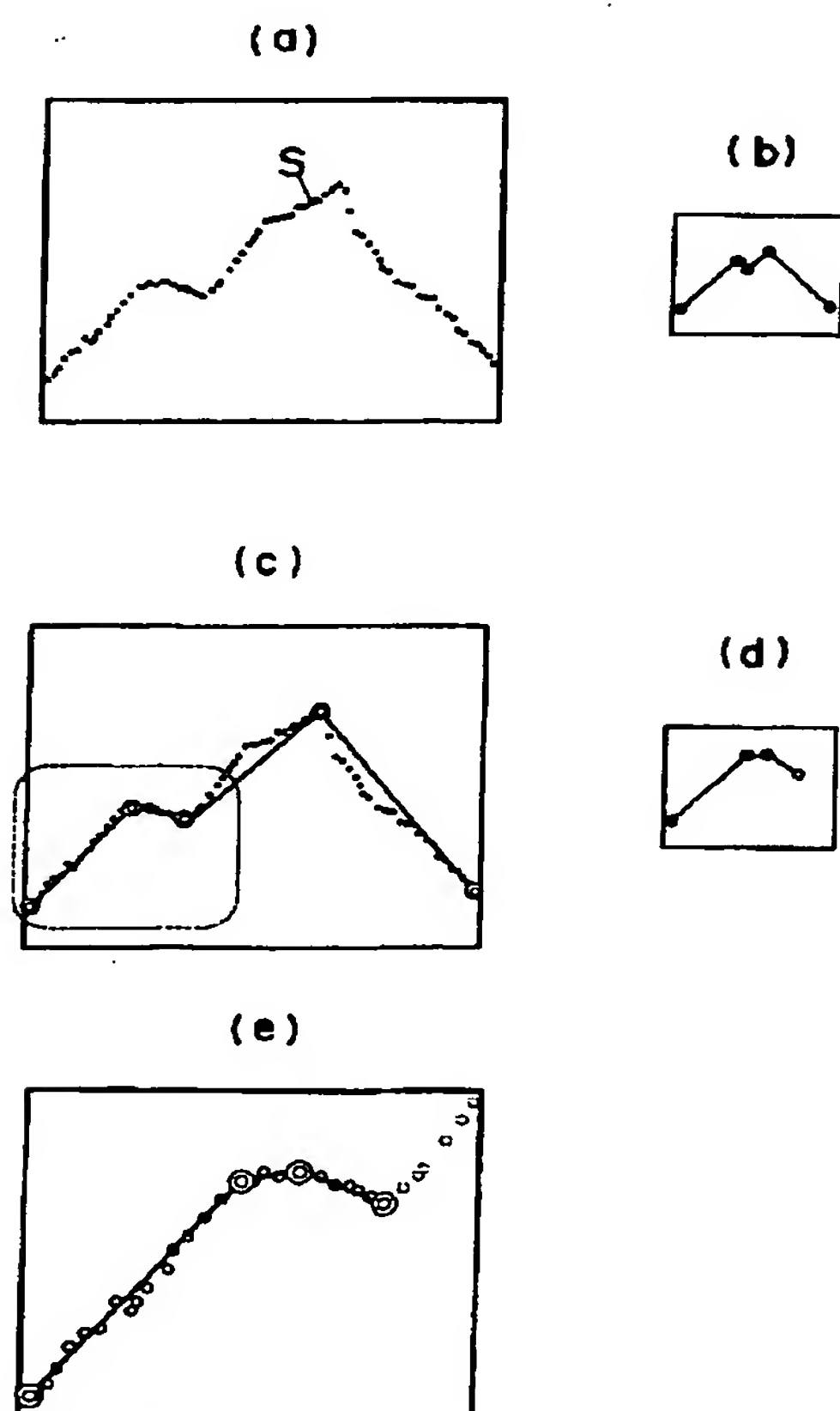
【図 25】



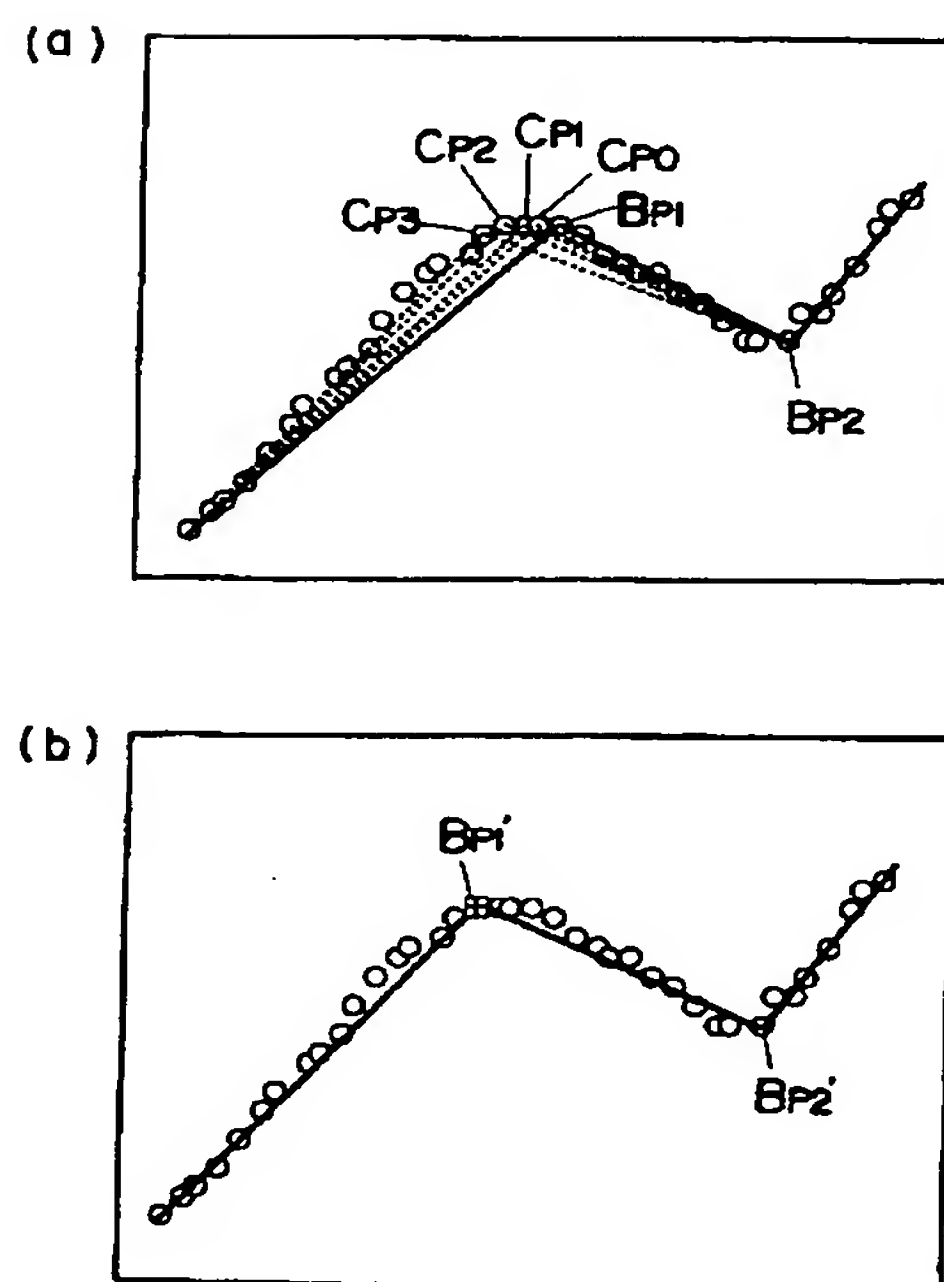
【図 29】



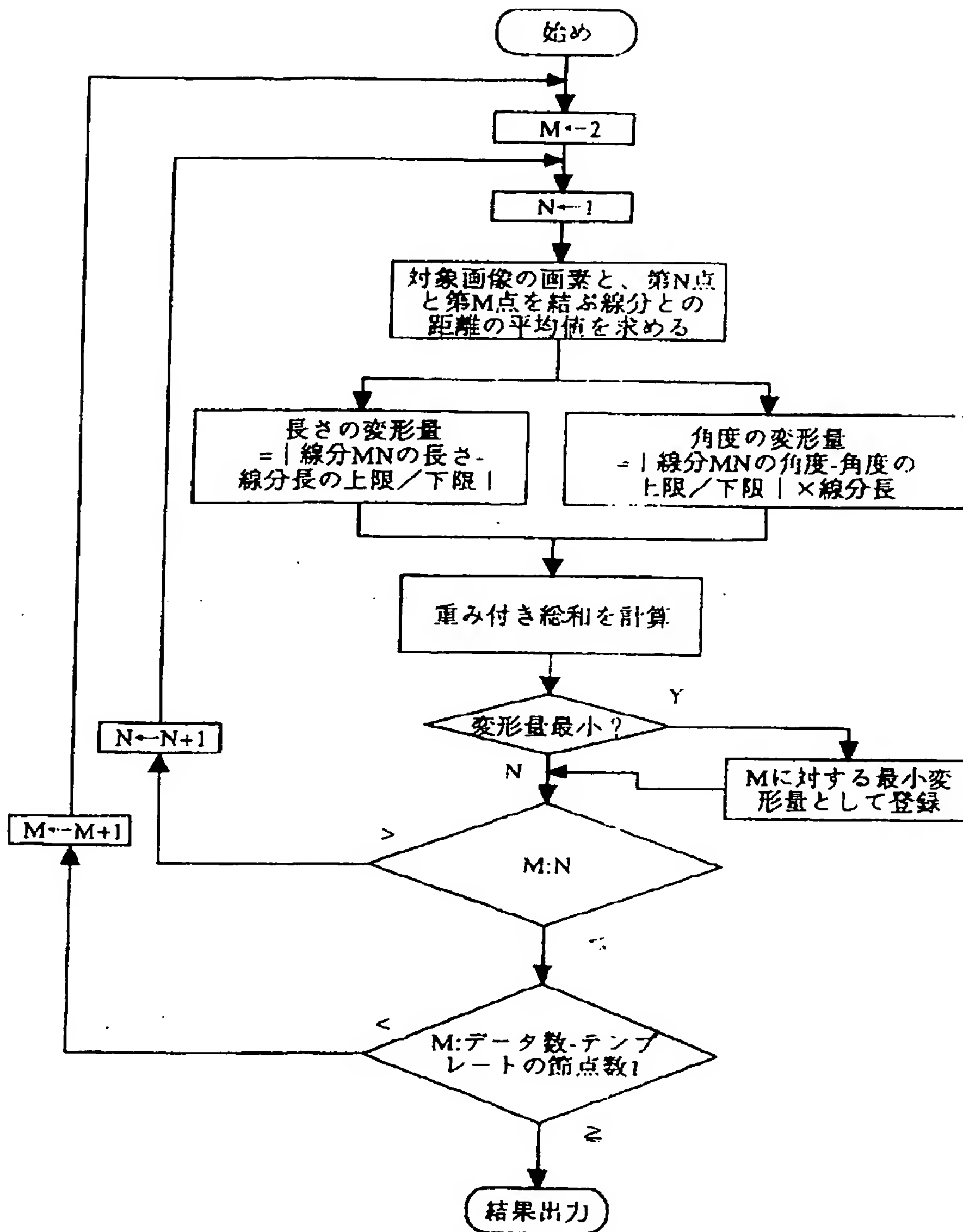
【図 30】



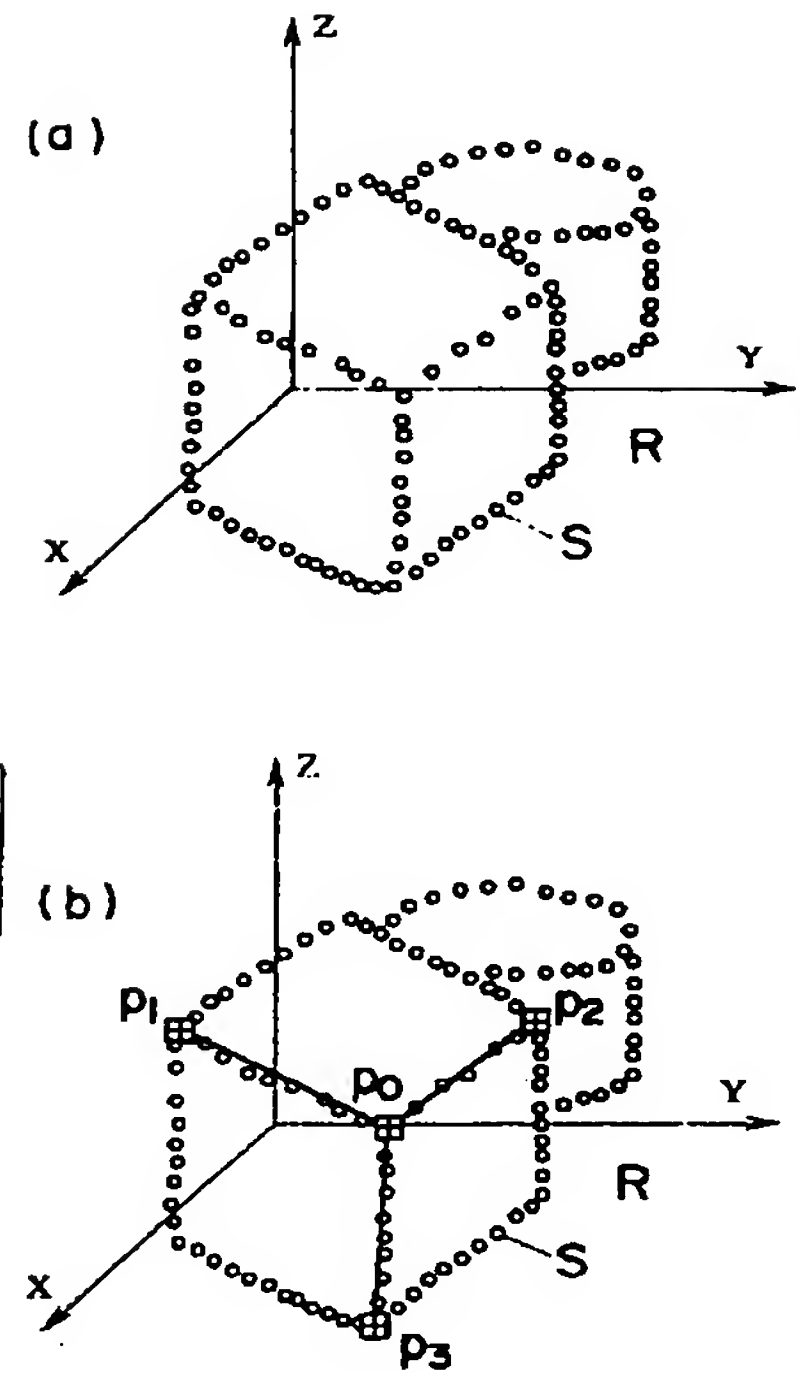
【図 32】



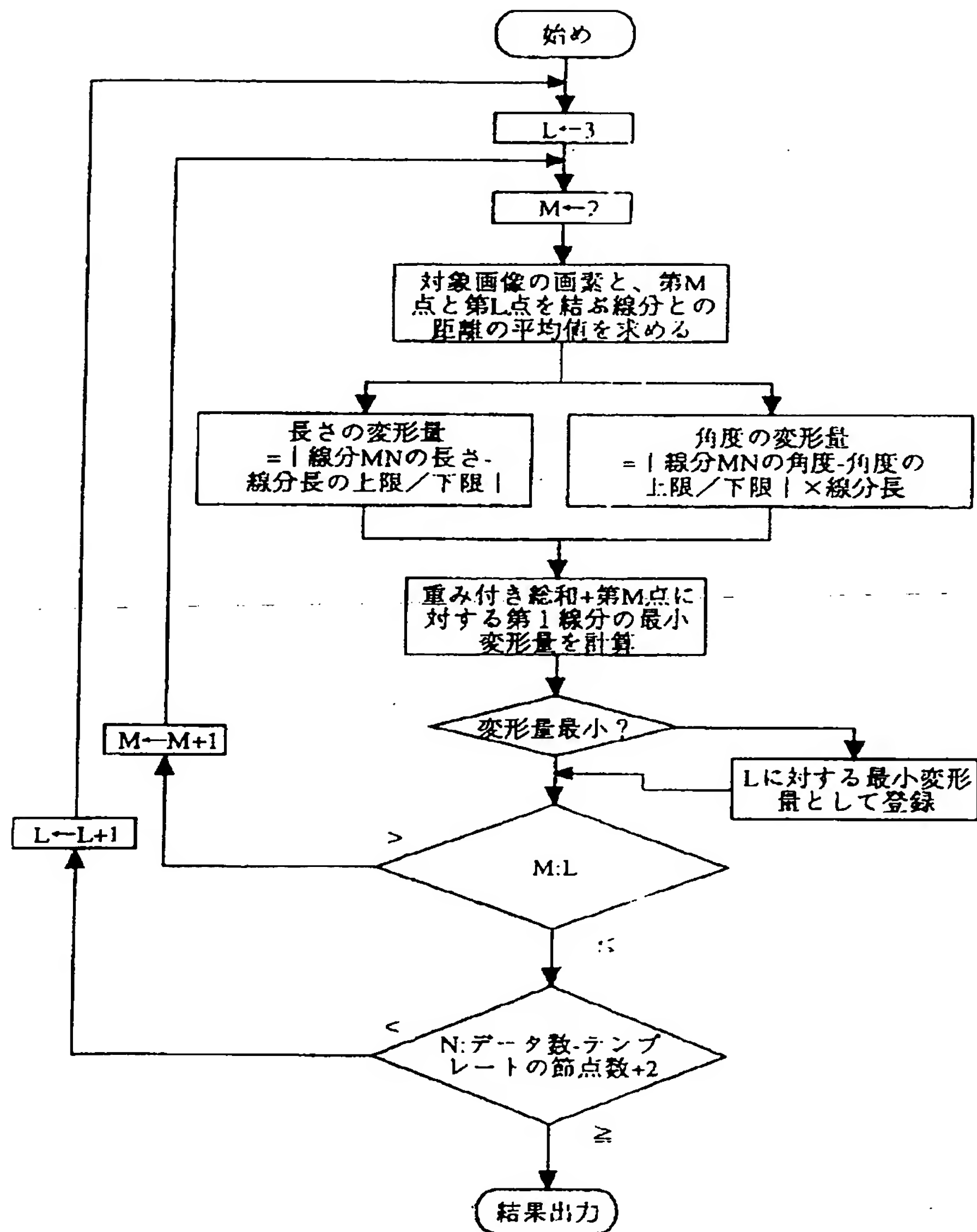
【図27】



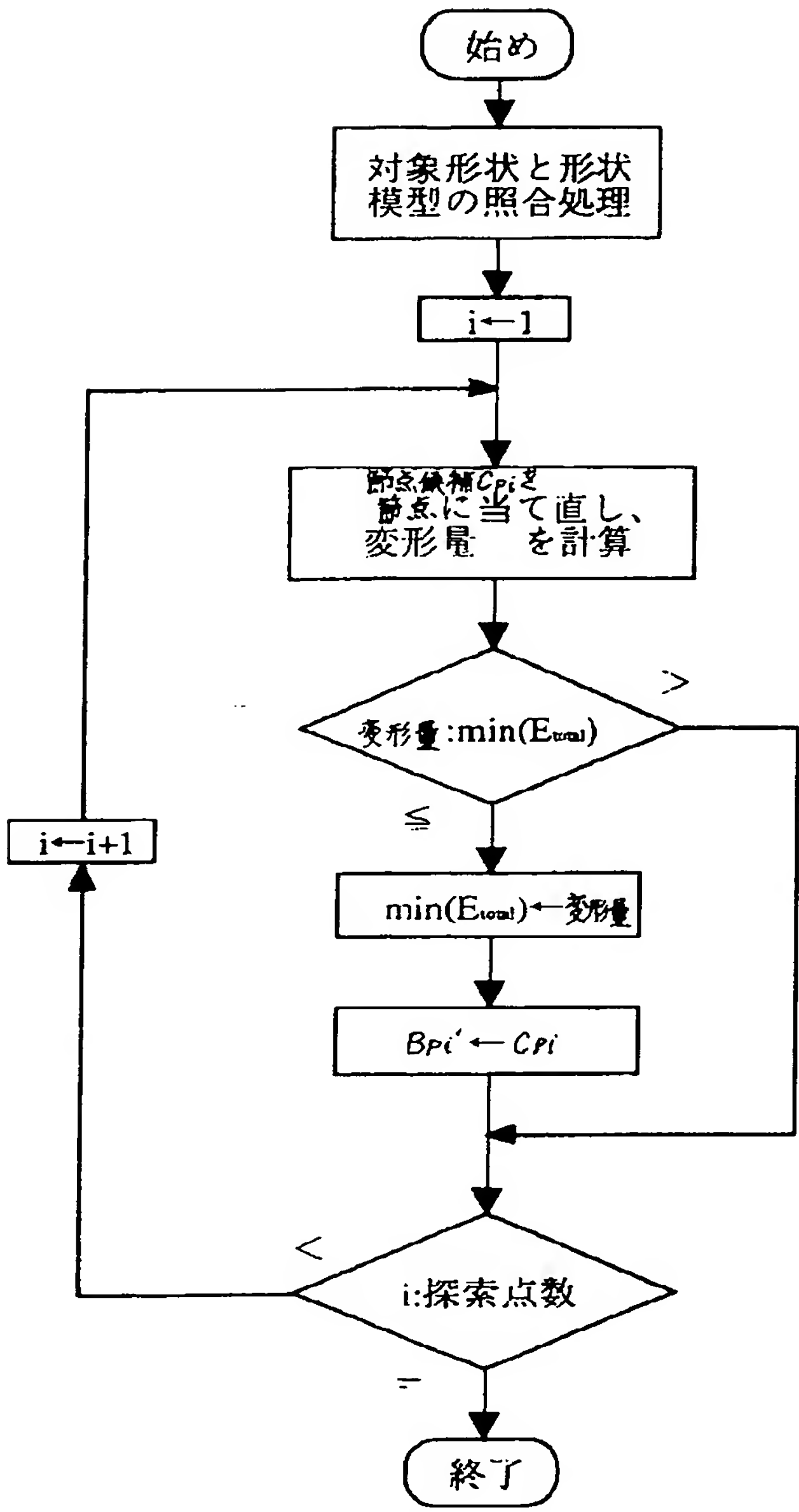
【図39】



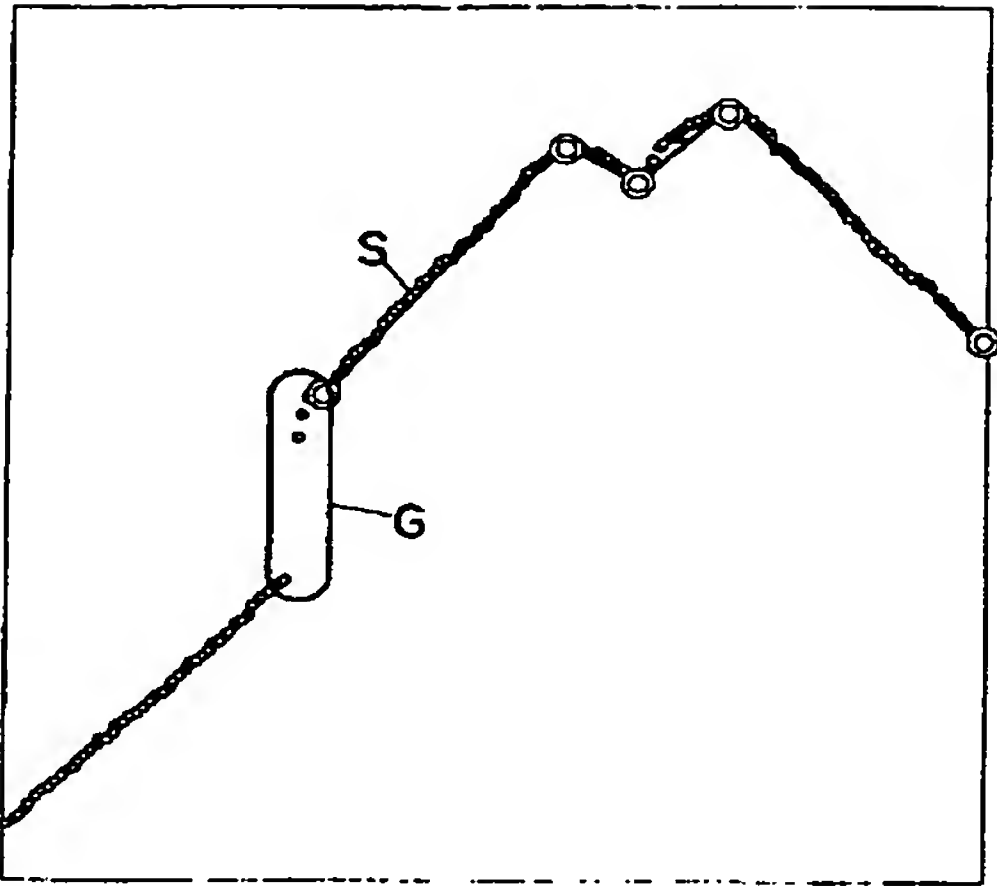
【図28】



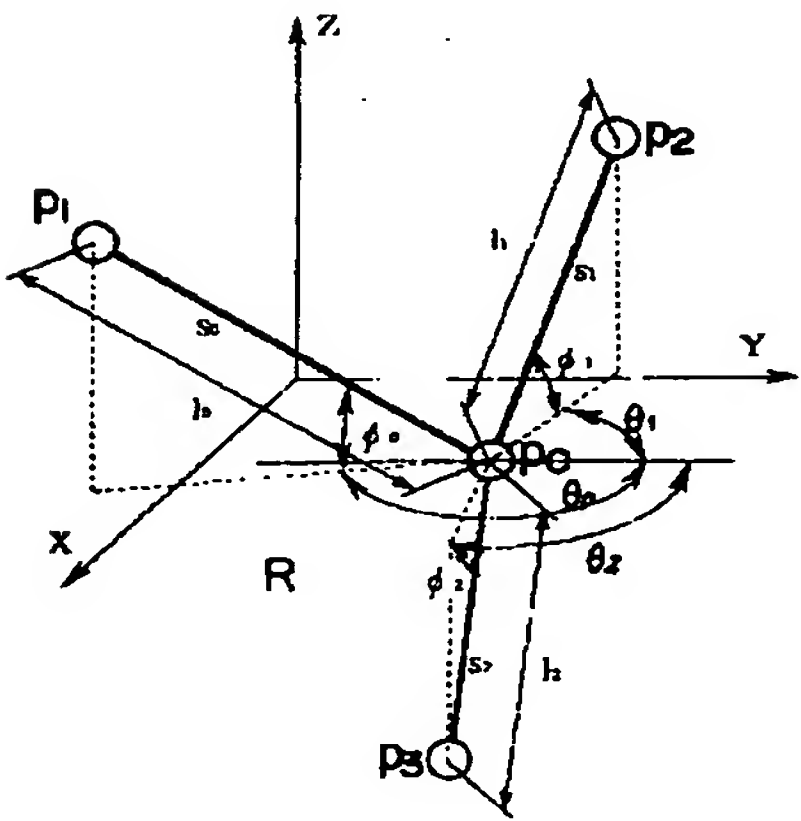
【図 3 3】



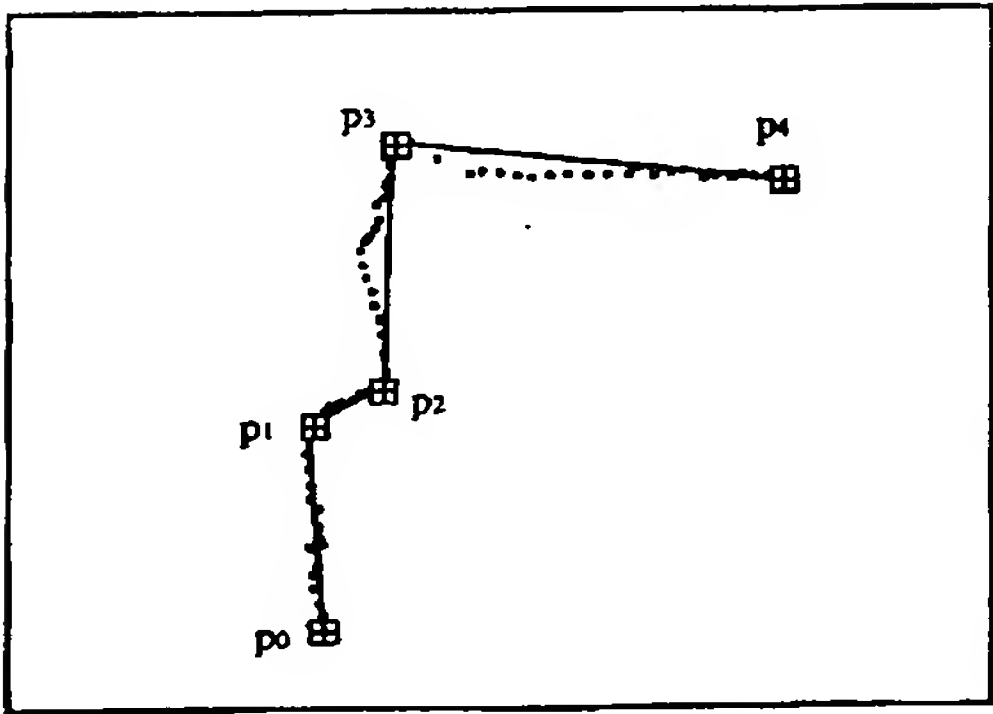
【図 3 6】



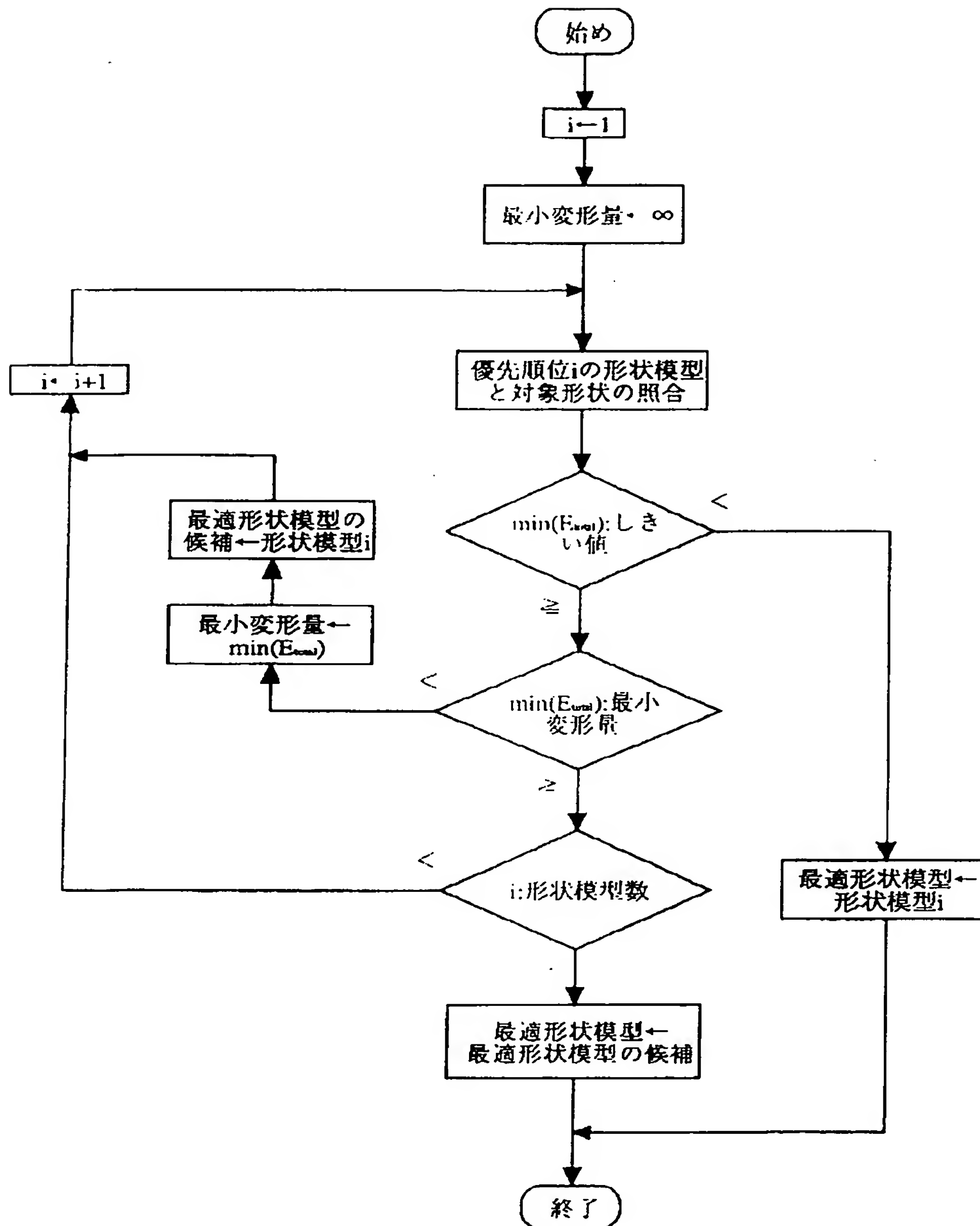
【図 3 8】



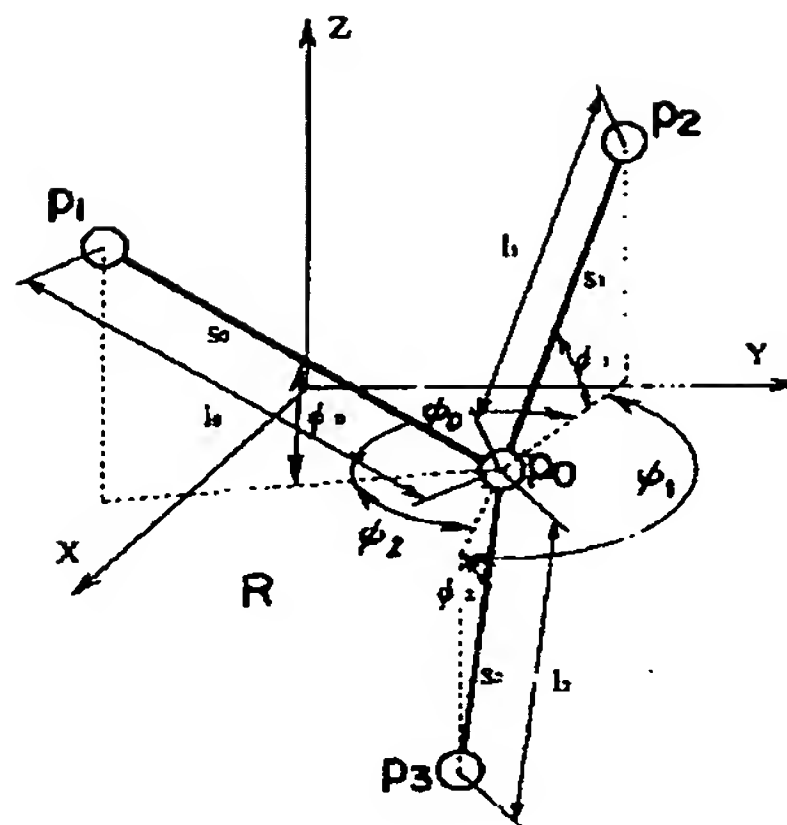
【図 4 1】



【図37】



【図 4 2】



## 【手続補正書】

【提出日】平成6年5月9日

## 【手続補正1】

【補正対象書類名】明細書

【補正対象項目名】0020

【補正方法】変更

## 【補正内容】

【0020】請求項16の発明は、請求項7または請求項8の発明において、形状認識を繰り返して行なうにあたって、過去の照合結果に基づいて形状模型の特徴量の許容範囲を自動的に変更することを特徴とする。請求項17の発明は、請求項7または請求項8の発明において、対象形状と形状模型との照合を動的計画法によって行なうことを特徴とする。

## 【手続補正2】

【補正対象書類名】明細書

【補正対象項目名】0055

【補正方法】変更

## 【補正内容】

【0055】（実施例9）実施例1では、形状模型について許容範囲を設定していることで変形可能な形の形状模型が設定されていることになる。したがって、実施例1のように、マッチング処理の際に変形量 $E_{total}$ が最小になるような節点を選択するようにした場合に、対象形状が形状模型に対して大幅に異なっていたとしても、形状模型に対象形状が一致する場合が生じる。そこで、本実施例では、最小変形量が形状模型に対する対象形状の相違の程度を示す点に着目し、上記最小変形量の値を対象形状の形状模型との一致の程度の指標として用いている。すなわち、最小変形量に対するしきい値を設定し、最小変形量がしきい値よりも大きければ、対象形状の形状模型に対する一致度が低いと判断するのである。

## 【手続補正3】

【補正対象書類名】明細書

【補正対象項目名】0062

【補正方法】変更

## 【補正内容】

【0062】本実施例において形状の一致度の指標となる最小変形量 $E_{total}$ の値は、形状模型の各線分毎に求める評価関数の値の総和であり、ある一つの線分に対する評価関数の値は他の線分のマッチングに無関係に定まるので（注：評価関数の持つこのような性質をマルコフ性といい、動的計画法を適用するための条件となる）、図26に示すように動的計画法を用いて各線分毎に順に最適化を行なうことが可能である。処理手順を以下に示す。まず、節点 $Tp_0$ と節点 $Tp_1$ との間の線分に対するマッチングを行なう。すなわち、図25(a)に示すように、まず節点 $p_1 \sim p_5$ を節点 $Tp_1$ に一致させる各場合において、節点 $Tp_0$ の可能な選択のうち最も形状模型に近い線分が得られるものを一つだけ選択する（この処理は評価関数によって評価する）。たとえば、図25(a)において、節点 $Tp_1$ に節点 $p_5$ を一致させたとき節点 $Tp_0$ に一致させられる節点は $p_0 \sim p_4$ のいずれかであるが、この中から評価関数を最小化するもの、すなわち節点 $p_1$ を選択する。他の節点 $p_1 \sim p_4$ に関しても同様に、節点 $Tp_0$ に一致する節点の可能な選択のうち、評価関数を最小化するもののみを選択する。次に節点 $Tp_2$ においても同様に、節点 $Tp_2$ に一致する節点 $p_2 \sim p_6$ の各々に対して、節点 $Tp_1$ に一致する節点の可能な選択から評価関数を最小化するものを一つずつ選び出す。つまり、 $Tp_i$  ( $1 \leq i \leq 4$ )に一致する節点の各々に対して $Tp_{i-1}$ に一致する節点の一つだけ選び出す処理を順次実施することにより、理論的に最適解とはなりえない選択、たとえば図25(a)において節点 $Tp_0$ に節点 $p_2 \sim p_4$ を一致さ

せるような選択を除外し、最適な解、すなわち図25(d)に示すように形状模型の節点 $T_{p_0} \sim T_{p_5}$ との一致度がもっとも高い節点 $p_0 - p_3 - p_5 - p_7 - p_8$ の組み合わせを効率よく求められるのである。

【手続補正4】

【補正対象書類名】明細書

【補正対象項目名】0074

【補正方法】変更

【補正内容】

【0074】上述したように、本発明では、対象形状のうちで形状模型と同じ数の節点を選択する可能な組み合わせについて変形量を計算することによってマッチング処理を行なうから、たとえば、図35に示すように、溶接する板材を押さえるホルダHが撮像装置3の視野内に入って点列Sに不要な情報が含まれているような場合や、図36に示すように、溶接線の近くに穴が開いていて点列Sに不連続部分Gが形成されているような場合を認識することができ、目的とする形状を容易に抽出して認識することができるのである。ここで、穴による不連続部分Gについては、形状を認識すべき区間外であるから、上述の補完処理は行なわない。

【手続補正5】

【補正対象書類名】図面

【補正対象項目名】図25

【補正方法】変更

【補正内容】

【図25】

